بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السّودان المفتوحة

برنامج الحاسوب

النمذجة والمحاكاة

رمز المقرر ورقمه: حسب 4053

إعداد المادة العلمية:

د. أحمد صلاح الدين عبد الله

د. أمين بابكر عبد النبي

التصميم التعليمي : د. محمد الفاتح المغربي
مراجعة التصميم : أ. عبد الرحمن رشيد سليمان
التدقيق اللغوي : د. عبد المجيد الجيلي إبراهيم
التصميم الفني : منى عثمان أحمد النّقة

منشورات جامعة السودان المفتوحة، الطبعة الأولى 2010
جميع الحقوق محفوظة لجامعة السودان المفتوحة، لا يجوز إعادة إنتاج أيّ جزء من هذا الكتاب، وبأيّ وجه من الوجوه، إلاّ بعد الموافقة المكتوبة من الجامعة.

مقدمة المقرر

عزيزي الدارس، الأنظمة الحديثة في التعليم قد أدخلت نظما جديدة، وخاصة بعد استخدام جهاز الحاسوب علي نطاق واسع وفي جميع مجالات الحياة، والاستخدام في نطاق النمذجة والمحاكاة من الوسائل الجديدة التي تستخدم في التعليم وفي حل المشكلات، ودراسة الظاهرة دراسة دقيقة تفصيلية.

النمذجة تعني نموذجا مصغرا للأصل, ذا أبعاد ثلاثية, أما الخرائط فهي نموذج مصغر ولكن لها بعدان فقط. والمحاكاة تعني تقليد شيء ما أو تمثيل شبيه لذلك الشيء, وتستخدم أيضاً في حل المشاكل اليومية, وتوجد برامج كثيرة تساعد في تقديم الحلول السهلة والمناسبة, وتمتاز بقلة تكلفة المعالجة الإلكترونية للعمليات والمسائل التي تجد نمذجة تصلح لتلك الأوجه, ومنها دراسة وتجربة التفاعل الداخلي للأنظمة المعقدة, أو محاكاة التغييرات البيئية أو ملاحظة نتائج المخرجات. كما أنها أي المحاكاة تعتبر أداة تعليمية لتعزيز طرق الحل التحليلية, والتأكد من صحة الحلول التحليلية.

عزيزي الدارس، هذا المقرر قد تم تقسيمه إلى ستة وحدات دراسية. الوحدة الأولى هي عبارة عن مدخل إلى النمذجة والمحاكاة, وفيه تعريف شامل لمحتويات هذا المقرر، وفي الوحدة الثانية سنقدم أمثلة في النمذجة والمحاكاة. أما في الوحدة الثالثة فسنتعرف على نظرية الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية، وذلك من أجل تحقيق درجة عدم التأكد وتقليص مستوى الخطأ أو الخطر، وفي الوحدة الرابعة سنناقش موضوع نمذجة أنظمة الحاسوب. الوحدة الخامسة من المقرر بعنوان محاكاة الأنظمة. أما الوحدة الأخيرة فهي بعنوان نمذجة تحليلات هندسة الحركة المرتبطة بشبكات الحاسوب والاتصالات. ستتخلل كل وحدة من هذا المقرر أنشطة وتدريبات وأسئلة تقويم ذاتي, نرجو منك الاهتمام. في ختام كل وحدة ستجد الخلاصة, ولمحة مسبقة للوحدة الدراسية التالية, وإجابات للتدريبات, وسرد للمصطلحات والمراجع.

والله ولي التوفيق

أهداف المقرر



عزيزي الدارس، بعد أكمال دراسة هذا المقرر يجب أن تكون قادراً على:

1. فهم معاني النمذجة والمحاكاة.
2. شرح نظرية الاحتمال, وحل المسائل المتعلقة بها.
3. حل مسائل التوزيعات الاحتمالية.
4. التعرف على بعض أمثلة النمذجة والمحاكاة وفهمها.
5. إدراك نمذجة أنظمة الحاسوب.
6. شرح محاكاة الأنظمة.

محتويات المقرر

رقم الوحدة	عنوان الوحدة	الصفحة
الأولى	مدخل إلى النمذجة والمحاكاة	1
الثانية	أمثلة في النمذجة والمحاكاة	47
الثالثة	نظرية الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية	81
الرابعة	نمذجة أنظمة الحاسوب	135
الخامسة	محاكاة الأنظمة	161
السادسة	نمذجة التحليلات وهندسة الحركة المرتبطة بشبكات الحاسوب والاتصالات.	221


الوحدة الأولى
مدخل إلى النمذجة والمحاكاة

محتويات الوحدة

الموضوع	صفحة
المقدمة	**3**
تمهيد	3
أهداف الوحدة	4
1. مدخل الى النمذجة والمحاكاة	**5**
1.1 فوائد المحاكاة ومساوئها	6
2.1 تعريف النظام وبيئته	8
2. النماذج الرياضية	**10**
2.1 تصنيف النماذج الرياضية	13
3. توليد الأرقام العشوائية	**20**
1.3 استخدام الحاسوب في توليد الأرقام العشوائية	20
2.3 الخوارزمية المستخدمة في توليد الأرقام العشوائية	21
4. اختيار برنامج المحاكاة	**24**
5. النمذجة والمحاكاة عموماً	**29**
6. تطوير أنظمة المحاكاة	**32**
7. تقييم الأداء وتحليل ماذا لو	**36**
8. المحاكاة على الإنترنت	**41**
الخلاصة	**43**
لمحة مسبقة عن الوحدة التالية	**44**
إجابات التدريبات	**45**
مسرد المصطلحات	**46**
المصادر والمراجع	**48**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس، إن المحاكاة تعني تقليد شيء ما, وبتمثيل شبيه لذلك الشيء, أما النمذجة فهي مثال مصغر لعمارة أو طائرة أوآلة، وتبنى بغرض دراسة خصائص النظام الأصلي وسلوكه، وتصلح لدراسة وتجربة التفاعل الداخلي للأنظمة المعقدة, ومعرفة كيفية تحسين النظم وملاحظة نتائج المخرجات, والكيفية التي تتفاعل بها. فهي كذلك أداة تعليمية, وتستخدم لتجربة التصاميم الجديدة, والتأكد من صحة الحلول.

لقد تم تقسيم هذه الوحدة الى ثمانية أقسام رئيسة, تبدأ بمدخل إلى النمذجة والمحاكاة, ثم دراسة النماذج الرياضية، والقسم الثالث يعرفك بالأرقام العشوائية وكيف تولد.والقسم الرابع يحتوي على اختيار برنامج المحاكاة المناسب للتطبيق، بعد ذلك دراسة النمذجة والمحاكاة عموماً. أما في القسم السادس فستجد مادة دراسية شيقة, تتمثل في تطوير أنظمة المحاكاة. وفي القسم السابع، ففيه تقييم الأداء وتحليل ماذا لو. وأخيراً في ختام الوحدة سندرس المحاكاة على الإنترنت.

عموماً الوحدة ستتخللها أنشطة, وتدريبات, وأسئلة تقويم ذاتي. في الختام ستجد الخلاصة واللمحة المسبقة وإجابات التدريبات, ومسرد المصطلحات والمراجع.

وبالله التوفيق،،،،

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس ، بعد دراستك لهذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تشرح مداخل النمذجة والمحاكاة.
2. تبين فوائد ومساوي المحاكاة.
3. تصف النماذج الرياضية.
4. تولد الأرقام العشوائية التي تستخدم في المحاكاة.
5. تختار نموذج المحاكاة المناسب لتطبيقاتك.
6. تحدد مستوى تطوير أنظمة المحاكاة.
7. تقيم الأداء وتحلّل وتطبق بنظام ماذا لو.

1. مدخل إلى النمذجة والمحاكاة

عزيزي الدارس، إن كلمة محاكاة تعني تقليد أي يقلد شيئا ما, أو يتظاهر بأنه مثيل وشبيه لذلك الشيء، أما النمذجة فتعني مثالا مصغراً واستخدمت هذه الكلمة لتقليد سلوك الأنظمة, وإنتاج أمثلة لها خصائص الأشياء الحقيقية التي تشبهها أو مثلت به. وغالبا ما يراقب أحد الأنظمة القائمة لفترة زمنية محددة, ثم تسجل هذه الملاحظات لتدرس خصائصها وسلوكها في تلك الفترة؛ لمعرفة جميع خصائصها لتصاغ في شكل نموذج جديد شبيه بتلك الأنظمة.

متى تكون المحاكاة هي الأداة المناسبة:

هناك عوامل كثيرة ساعدت في اعتماد العلماء على استخدام المحاكاة في حل المشاكل اليومية, نذكر من ذلك وجود البرامج الكثيرة التي تساعد في تقديم الحلول السهلة والمناسبة, بالإضافة إلى التقدم الكبير الذي حصل في مجال الحاسوب وبرمجياته وقلة تكلفة المعالجة الإلكترونية للعمليات والمسائل. **لذلك نجد أن النمذجة تصلح في الأوجه التالية:**

1. دراسة وتجربة التفاعل الداخلي للأنظمة المعقدة أو أجزاء من النظم المعقدة.
2. إمكانية محاكاة التغييرات البيئية والتنظيمية والمعلوماتية, وملاحظة أثر هذه التغيرات في سلوك الأنظمة.
3. المعرفة المكتسبة في تصميم نماذج المحاكاة, قد يكون ذا فائدة كبيرة في تحسين النظم تحت التحقيق أو الاكتشاف.
4. بتغيير مدخلات المحاكاة وملاحظة نتائج المخرجات ، يتم توليد أفكار قيمة بسبب تغيير هذه المتغيرات، ومعرفة الكيفية التي تتفاعل بها هذه المتغيرات.
5. تستخدم المحاكاة كأداة تعليمية لتعزيز طرق الحل التحليلية.
6. يمكن استخدامه لتجربة التصاميم الجديدة أو السياسات, بغرض التطبيق والاستعداد للوقائع المحتملة.
7. يستخدم للتأكد من صحة الحلول التحليلية.

نشاط



عزيزي الدارس، الطيران التشبيهي عبارة عن صالة بها ما يماثل تجهيز الطائرة, وتحاكي طريقة الطيران في كل أنواع الملاحة الجوية من إقلاع, وارتفاع, وسرعة, وتوجيه, وهبوط بالمطار . ناقش زملاءك لمعرفة هذا الأسلوب, هل هو نمذجة أم محاكاة؟ أم الأثنان معاً؟ ثم اشرح سبب الاختيار.

1.1 فوائد المحاكاة ومساوئها

المحاكاة شأنها شأن الأدوات الأخرى, لها فوائد في بعض الجوانب, وقصور في جوانب أخرى، ومن محاسنها:

- تمكّن من دراسة النظم المعقدة وإخضاعها للتجارب.
- من خلال المحاكاة يمكن دراسة تأثير بعض العمليات على النماذج, كما يمكن تغيير هذه المؤثرات, ومعرفة مدى تأثيرها على النظام.
- مراقبة النظام بالتفصيل تؤدي إلى فهم النظم. ومن ثم إضافة بعض المقترحات التي ترفع من كفاءة النظام.
- أداة لتحليل الأنظمة المعقدة.
- يمكن تنفيذها بوساطة الحاسوب.
- تركيز الضوء على الأماكن الضعيفة, واكتشاف بعض مزايا النظم الجديدة, مثل السياسات الجديدة, وإجراءات العمل
- اختبار تصميم المعدات الجديدة وتخطيطها ونظم النقل, دون اللجوء إلى تخصيص مصادر للطلب.

ممّا تقدم يمكن حصر الأسباب التي تؤدي إلى استخدام المحاكاة في الآتي:

- تمكّن من دراسة النظم المعقدة وإخضاعها للتجارب.

- من خلال المحاكاة يمكن دراسة تأثير بعض العمليات على النماذج, كما يمكن تغيير هذه المؤثرات, ومعرفة مدى تأثيرها على النظام.
- مراقبة النظام بالتفصيل يؤدي إلى فهم النظم, ومن ثم إضافة بعض المقترحات التي ترفع من كفاءة النظام.
- يمكن استخدام المحاكاة كجهاز لتدريس الطلاب أو العمال المهارات في التحليل النظري والإحصائي واتخاذ القرار.
- أفضل المجالات لاستخدام المحاكاة هي المجالات الجديدة التي لا نمتلك فيها المعلومات الكافية, أو أن المعلومات المتوفرة لدينا بسيطة.
- تقلل من المخاطر الناجمة من التجارب الخطرة أو المكلفة, ومحاولة معرفة المزايا الجديدة, وذلك قبل استخدام التجربة.
- تساعد في دراسة النظام العامل Dynamic System, إما في حالة الزمن الحقيقي Real time, أو الزمن المضغوط Compressed time أو الزمن الطويل Expanded time.
- عند إضافة عنصر جديد للنظام, فإن المحاكاة يمكن أن تساعد في التكهن بمعرفة خصائص النظام مستقبلاً, واكتشاف الاختناقات أو المشاكل الأخرى التي تنجم من إضافة هذا العنصر.

مجالات التطبيق:

في الآونة الأخيرة ازداد اهتمام الناس بأمر المحاكاة, حيث صارت تطبق في شتى مجالات الحياة. وهناك مؤتمرات وندوات دورية تعقد في هذا الشأن وأشهرها ما تقوم به جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات الدولية IEEE.

وكمثال للمجالات المختلفة نذكر منها:

أ. النظم الصناعية مثل تجميع الطائرات.

ب. النظم الموزعة في شبكات الحاسوب.

ج. المشاركة في أدوات الصناعة.

د. جدولة النظم.

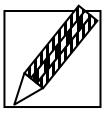
هـ. النظم العامة, وتتمثل في **أنظمة النقل, وأنظمة البناء والمنشئات, وأنظمة المطاعم** التي تقدم خدمات سريعة, والملاهي, ومعالجة الأغذية, ودراسة نظم كفاءة الحاسوب المتمثلة في الشبكات المختلفة, وأثر زيادة المحطات في تقليل كفاءة الشبكة.

2.1 تعريف النظام وبيئته

للقيام بنمذجة نظام ما، لا بد أولا من فهم هذا النظام, ومعرفة أجزائه وخصائصه المختلفة, وحدوده قبل الشروع في ذلك. ويعرف النظام بأنه مجموعة الأشياء التي تتحد مع بعضها البعض لإنجاز هدف محدد. وكمثال لذلك جامعة السودان المفتوحة, حيث هناك طلاب وأساتذة, وكليات وكتب, وقاعات تتحد مع بعضها البعض لتعليم الطالب.

تتأثر الأنظمة بالتغييرات التي تطرأ من حولها، وهذه التغييرات تعرف ببيئة النظام وتحدد بناءً على الهدف من الدراسة.

تدريب (1)



اشرح و وضح بالرسم عناصر النظام المفتوح.

مكونات النظام:

لفهم أي نظام وتحليله هناك بعض المصطلحات, يجب تعريفها لتستخدم لهذا الغرض مثل:

- **الكينونة entity** أو الكائن: و يمثل كل ما هو موجود في النظام.
- **الصفة attribute** : وتمثل خاصية الكائن التي يتميز بها.
- **النشاط activity** : العمل الذي يتم في فترة زمنية محددة.
- **حالة النظام state** :تمثل جملة المتغيرات الضرورية لوصف النظام في أي لحظة من اللحظات بناءً على أهداف الدراسة.
- **الحدث event**: ويعرف بأنه واقعة لحظية تغير من حالة النظام.

ولو أخذنا البنك كمثال لشرح هذه المفاهيم، فإن عملاء البنك يمثلون أحد الكينونات، كما أن الرصيد يمثل الصفات, وفترة إيداع المبالغ في الحساب عبارة عن نشاط يقوم به العميل.

إن مجموعة الكينونات التي يتألف منها النظام في لحظة ما, يمكن أن تكون جزءاً من النظام الكبير, فمثلا قسم الحسابات الجارية في البنك هو جزء بسيط يتكون من صرافي الشيكات, والمودعين الذين يقومون بإيداع النقد أو الشيكات في حسابات المشتركين, وهم يمثلون جزءاً من البنك إلى جانب أقسام أخرى مثل التوفير والتحويل والكمبيالات ...الخ.
أما متغيرات الحالة فيمكن تمثيلها بعدد الزبائن المنتظرين في الصف, أو الذين تم تقديم الخدمة لهم, ووقت وصول الزبون التالي.
والجدول التالي يعطي أمثلة للكينونة والصفة, والأنشطة, والأحداث, وحالة النظام لعدد من الأنظمة المختلفة.

الجدول رقم(1)

الكينونة–الصفة والأنشطة والأحداث وحالة النظام والمتغيرات

النظام	الكينونة	الصفة	النشاط	الحدث	متغيرات النظام
البنوك	الزبائن	الرصيد	إيداع الشيكات	وصول و مغادرة	الصرافون، الزبائن المنتظرون
الكافتيريا	طالبو الوجبات	الطلبات	طلب وجبة	الوصول	تسليم الطلب
السكة حديد	الركاب	الوجهة، المحطة	السفر	وصول المحطة	الركاب المنتظرون، الركاب المواصلون
الإنتاج	الماكينات	السرعة، السعة	اللحام،القطع	تعطل	حالة الماكينة (متعطلة،مشغولة، عاطل)
غرفة الطوارئ	المرضى	الحالة	طلب العلاج	الكشف	عدد المفحوصين المنتظرين
الاتصالات	الرسائل	الطول، الوجهة	إرسال	وصول الحزمة	الرسائل المنتظرة
المخزون	مستودع	السعة	سحب	الطلب	مستوى المخزون،الاحتياطي

2. النماذج الرياضية Mathematical Model

لكي نستطيع القيام بتكوين نماذج لأي تجربة أو نظام, لا بد من توفير بيئة مناسبة لذلك. أي أن مراقبة النظام الحقيقي مطلوبة, حتى يمكن توفير المناخ المناسب وإلاّ فإن التجربة تأتي بتائج مختلفة تماماً عما هو متوقع.

النماذج الرياضية لأي نظام تتكون عادة من أربعة عناصر هي:

1. المكونات.
2. المتغيرات.
3. العناصر (العوامل)
4. العلاقات.

أسئلة تقويم ذاتي



1. اشرح معنى كلمة نمذجة وكلمة محاكاة.
2. وضح وبيّن الأوجه التي تكون فيها المحاكاة الأداة المناسبة لحل المشاكل.
3. ما فوائد المحاكاة؟.
4. عدّد واشرح مصطلحات مكونات النظام.

سنقوم الآن بتقديم شرح مبسط لهذه العناصر:

أولا: المكونات:

نجد أن مكونات النماذج تحاول التغير بصورة كبيرة في طبيعة النظام.

ثانيا: المتغيرات:

تستخدم المتغيرات التي تظهر في النماذج لربط المكونات مع بعضها البعض ويمكن تقسيمها إلى:

أ) متغيرات خارجية: Exogenous Variables

وهي عبارة عن متغيرات مستقلة أو داخلة للنماذج, يفترض أن تكون معروفة مسبقاً للنظام الذي يُراد نمذجته مثلاً . $g(x) = x^2 - x - 3$

ب) متغيرات الحالة Status Variables

هي التي تقوم بوصف حالة النظام في مراحله المختلفة, سواء كان ذلك في بداية النظام أو وسطه أو نهايته, وهذه المتغيرات تتفاعل مع المتغيرات الداخلية والخارجية للنظام بناءً على العلاقات الوظيفية.

ج) متغيرات داخلية: Endogenous Variables

هي متغيرات غير مستقلة أو خارجة من النظام, وهي ناتجة من تفاعل النظام الخارجي مع الحالي بناءً على خصائص عمل النظام.

ثالثا: المعلمات (العناصر): Parameters

هي العوامل التي تؤثر في أداء التجربة أو النظام.

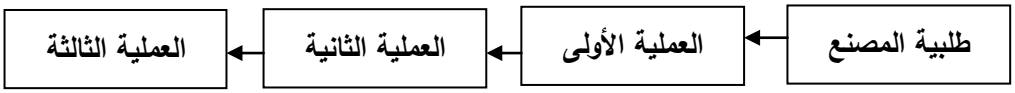
رابعا: العلاقة الوظيفية:

وتوصف هذه العلاقة بالتفاعل بين المتغيرات والعناصر المكونة للنماذج, بما في ذلك صفاته وخصائصه التشغيلية. وهاتان الخاصيتان تستخدمان لتحديد وتوليد سلوك النظام.

مثال:

وضح تصنيف عناصر النماذج الرياضية لنموذج واحد, حيث أن هذه النماذج لها قناة خدمة واحدة, ومجموعة من المحطات.

الحل



شكل رقم (1)

المكونات الأساسية لهذا النموذج تكون على النحو التالي:

يتكون هذا النظام من طلبيات تصل إلى المصنع, وعمليات يتم من خلالها تنفيذ الطلبيات المختلفة قبل أن تكتمل.

إن الغرض من هذا النموذج هو تقريب العلاقة بين الرمز المطلوب لتمرير الطلبية خلال العمليات, والزمن الذي يصل فيه النموذج, والزمن المقرر لكل من هذه العمليات من خلال هذا النموذج.

1. المتغيرات الخارجية في هذا المثال هي:

- AT− وهي عبارة عن الفترة الزمنية بين وصول الطلب رقم 1 والطلب رقم J حيث أن J= 1، 2، 3، ... ن
- ST_{ij} هو الزمن الذي تستغرقه الطلبية رقم I أثناء تنفيذ العملية رقم J, حيث إن J = 1, 2, 3 ….. M

2. متغيرات الحالة:

- WT_{jj} هو الزمن الذي تستغرقه الطلبية رقم 1 في انتظار تنفيذ العملية رقم J.
- IDT_{ij} هو الزمن الذي تستغرقه العملية رقم I دون القيام بأي مهمة أثناء تنفيذ الطلبية رقم J.
- T_{ij} الزمن الكلي للطلبية رقم I الذي تقضيه أثناء تنفيذ العملية J.

المتغيرات الداخلية: Endogenous

الزمن الكلي للطلبية رقم 1 في النظام, أي الزمن المطلوب لتكملة العملية.

المعلمات: Parameters

- E{AT} الزمن المتوقع بين طلبية وأخرى.
- Var{AT} التباين بين فترة وأخرى.
- E{ ST_j } زمن العملية المتوقع للعملية رقم j.

الخواص: Identify

من المثال السابق, وعند وصول أول طلبية للخدمة, أي أن المعادلات التالية يمكن أن تعبر عن تعدد العمليات في هذا النظام.

زمن الوصول للطلبية الأولى $AT_I = 0$

زمن الانتظار $WT_{ij} = 0$.

$WT_{i2} = WT_{i3} = 0, \ldots WT_{in}=0$

$IDT_N = 0, IDT12=STI$

$IDT13 = ST11 + ST12$

$IDT_N = ST11 + \ldots.. STI_N$

$T_{11} = ST_{11}, T_{12} = ST_{12}, .., T_{in} = ST_{in}$ لا يوجد انتظار في المرحلة الأولى.

وتكون معادلات الزمن على النحو التالي:

$$T_{11} = WT_{11} + ST_{11}$$

$$T_{12} = WT_{12} + ST_{12}$$

$$T_{1N} = WT_{1N} + ST_{1N}$$

1.2 تصنيف النماذج الرياضية

تنقسم النماذج الرياضية إلى أربعة أقسام رئيسة هي:

أ: النماذج الحتمية DETERMINISTIC MODE

ب: النماذج التصادفية STOCHASTIC MODEL

ج: النماذج الثابتة STATIC MODEL

د: النماذج الحركية DYNAMIC MODEL

أولاً: النماذج الحتمية: DETERMINISTIC MODEL

وفي هذا النوع من النماذج نجد أن المتغيرات الداخلية والخارجية لا ينبغي لها أن تتغير بصورة عشوائية, كما أن الخصائص التشغيلية للنظام يفترض أن تكون لها علاقة واضحة غير مبنية على الاحتمالات.

وهذا النوع من النماذج لا يحتاج إلى معالجة آلية, حيث يمكن حله باستخدام أساليب أخرى مثل التفاضل والتكامل, وإيجاد النهايات العظمى والصغرى, وأشهر هذه الأساليب هي (طريقة مونتي كارلو) (MONTE CARLO METHOD)

ما هي طريقة مونتي كارلو؟ (MONTE CARLO METHOD)

إن النمذجة بأسلوب مونتي كارلو, هي عبارة عن تقنية تستخدم فيها دوال التوزيع الإحصائية بتسلسل الأرقام العشوائية. ويستخدم لحل المشاكل التي تحتاج لاتخاذ القرار في ظل عدم التأكد. مونتي كارلو هو اسم الشفرة الذي استخدمه فون نيومان و إس. إم ألام, للتقنيات التي تستخدم في حل المسائل ذات التكلفة العالية للحلول التجريبية, وفي ذات الوقت يصعب حلها بالأساليب التحليلية. وفي الحقيقة فإن هذه التقنية قد اكتسبت هذا الاسم من كازينوات مونتي كارلو. ويستخدم هذا الأسلوب عندما ينعدم الحل بالطرق التحليلية أو تصبح مستحيلة. وباستخدام اسلوب مونتي كارلو للنموذج الفيزيائي, فإن ذلك يفتح الباب واسعا لفحص الأنظمة الأكثر تعقيداً.

ويكون ناتج الحل قريبا جدا من الحل الأمثل، ولكن ليس بالضرورة أن يكون ذلك هو الحل بالضبط.

ويمكن اختصار إجراء هذه المحاكاة على النحو التالي:

أ. تعريف المشكلة.

ب. صياغة النموذج المناسب.

ج. تعريف الحالات الابتدائية للمحاكاة, مع تحديد عدد تشغيل المحاكاة المراد إجراؤه.

د. تجريب النموذج.

و. اختصار الناتج وفحصه.

ن. تقييم النتائج وانتقاء أفضل الأعمال.

ل. صياغة مقترحات في شكل نصائح إدارية, لتطبيق أفضل النتائج التي تم الحصول عليها.

ويمكن أخذ هذا المثال لتوضيح اسلوب مونتي كارلو. وهذا المثال هو لإيجاد قيمة π بوساطة المحاكاة. افترض أن لدينا مربعا أحد أطرافه هو أصل لإحداثي النظام, وله طرف طوله وحدة واحدة. ومن الواضح أن مساحته تساوي واحد أيضاً. لنفترض الآن بأننا قمنا برسم ربع دائرة داخل هذا المربع بنصف قطر تساوي واحد وتكون مساحتها تساوي $\pi / 4$. والآن نستخدم اسلوب مونتي كارلو لإيجاد المساحة التقريبية لربع الدائرة والمربع ثم نقوم بضرب مساحة ربع الدائرة في 4 لحساب قيمة π. بالنسبة للنقطة (x,y) لتكون داخل ربع الدائرة التي نصف قطرها 1 فإن بعدها من نقطة الأصل تحسب بالصيغة $\sqrt{x^2 + y^2}$ وتكون قيمتها أقل من 1. ويمكن توليد آلاف القيم العشوائية للنقطة (x,y) ثم نحدد هل كل هذه القيم داخل الدائرة. وكلما تكون القيمة داخل هذه الدائرة قم بإضافة 1 للعداد. وبالحصول على عدد كبير من النقاط، فإن نسبة عدد النقاط داخل ربع الدائرة إلى المجموع الكلي للنقاط التي تم توليدها (داخل المربع) تقترب من نسبة مساحة ربع الدائرة إلى مساحة المربع. ومن ثم تكون قيمة π ببساطة كما يلي:

$$\pi(approximat\ ely) = \frac{4 \times (No.of.po\,\text{int}.inside.of.quarter)}{Total.Area}$$

$$= \frac{4 \times (Area.of.quarter.of.Circle)}{Area.of.square}$$

$$= \frac{4 \times (1/4)\pi r^2}{r^2}$$

حساب قيمة π باستخدام اسلوب مونتي كارلو

ثانياً: النماذج التصادفية: STOCHASTIC MODEL

في هذا النوع من النماذج نجد أن أحد الخصائص التشغيلية للنظام على الأقل يحتوي على دالة احتمال، ولذلك فإن النماذج التصادفية أكثر تعقيداً من النماذج الحتمية DETERMINISTIC MODEL .

مثال: نظام اصطفاف ومزود خدمة يقوم بسحب مستخدم واحد كل مرة.

نمذجة الأنظمة:

هناك مكونان أساسيان يدخلان في تركيب جميع المسائل هما:

1. النظام, ويمكن أن يكون حقيقة أو نظرية.
2. الزمن (الفترة الزمنية), وهي إمّا سابق – أو آنيّ – أو مستقبل.

إن الفترة الزمنية التي يقوم فيها المصمم بمشاهدة النظام ومراقبته, تعرف بفترة المراقبة OBSERVATION PERIOD

و العوامل التي تؤثر في النموذج إمّا أن تكون قابلة للقياس, أي يمكن قياس هذه القيمة أو تقديرها (أو يمكن صياغتها بأحد الأساليب لمعرفة الكم حسابياً).

وهناك أربع كميات أساسية تستخدم لوصف نظام الصف الواحد:

- Tطول فترة زمن المحاكاة والتي في أثنائها يتم مراقبة النماذج.
- A عدد الأحداث التي تصل إلى النظام في فترة المراقبة. وفي حالة النماذج التصادفية نجد أن عملية الوصول تحدد بإيجاد الاحتمال. INTERARRIVAL TIME
- B TOTAL TIME الزمن الكلي الذي يكون فيه مزود الخدمة في حالة شغل.
- C NO OF DEPARTURE عدد المغادرين للنظام, ويمكن تحديد المغادرين بإيجاد المتوسط للـ INTERDEPARTURE وهو الزمن الذي يحتاجه النظام من لحظة وصوله حتى الانتهاء من الخدمة التي جاء من أجلها.

إن البيانات A, B, C هي عبارة عن قيم تجمع, أو تقدر أثناء فترة المحاكاة، ومن ذلك يمكن استنتاج المؤثرات PARAMETRS التالية من هذا النموذج البسيط:

- معدل الوصول (عملية/ الثانية) JOBS/SEC
- معدل المغادرة (عملية/ الثانية) JOBS/SEC
- عامل الكفاءة(الاستخدام) U = B/T UTILIZATION FACTOR

- معدل زمن الخدمةS-B/C MEAN SERVICE TIME (P)Sec/Jobs

من خلال ذلك يمكن القول بأن: U=XS

وقبل أن يصل النظام إلى حالة الثبات, فإن النظام يمر بالمرحلة الانتقالية, حيث تأخذ مؤثرات النظام قيماً أولية. وفي هذه المرحلة فإن القيم المنتجة للمؤثرات, أو التي تم ضبطها في فترة المشاهدة, تأخذ قيماً لا تعبر عن حالة الثبات للنظام. ولذلك لا بد للنظام أو النموذج أن يستمر في العمل, حتى يصل مرحلة الثبات (مع ملاحظة أن ليس كل النظم لها حالة ثبات).

في ظل هذه الظروف يمكن القول بأن:

$$A = C$$
$$U = XS$$

<u>مثال</u>: اوجد طريقة حل لنظام الخدمة التي توصف بأن الخدمة لمن يأتي أولا First In First Out (FIFO)

<u>الحل</u>: لمحاكاة هذا النظام يجب الأخذ بالافتراضات التالية:

1. نظام الخدمة هو تقديم الخدمة حسب الوصول FIRST IN FIRST OUT(FIFO)
2. إذا جاء أحد المشتركين أو الزبائن, ووجد النظام في حالة شغل فعليه الانتظار في الصف.
3. إذا بدا الزبون في الخدمة فلا يغادر حتى يكمل مهمته NON – PREEMPTION هناك بعض الحالات التي يتم فيها المقاطعة, وهي ما تعرف بـ PREEMPTION DISCIPLINE.

الخوارزمية

ترتيب العملاء أو الزبائن ترتيباً تصاعدياً, أي أن الزبون رقم 1 ,مقدم على الزبون رقم J في حالة أن $T_1 < T_J$

تصفير العداد وغرفة الانتظار أي أن $T = 0, I = 0$، حيث إن T=CLOCKTIME و I هو الزبون.

زيادة العداد حيث إن:

$T_I = T_I + S_{I-1}$ حيث:

S_{I-1} هو زمن الخدمة للزبون $I-1$

لاحظ أن T_I هو الزمن الذي يدخل فيه الزبون I للخدمة إذا كان الصف خاليا، وإذا كان يحتوي على عمل توقف, وإلاّ كرر العملية السابقة بالخطوة الثالثة.

مثال: اوجد متوسط المكالمات في الساعة, ثم اوجد دالة الكثافة, ودالة التوزيع, إذا كان عدد المكالمات خلال ساعة في أحد الشركات كالآتي:

5،7،7،3،7،5،5،6،8،2،4،4،5،4،3،2،8،7،4،5،6،6،7،2،5،4،7،7،4؟

تم رصد عدد المكالمات في كل دقيقتين ولمدة ساعة في أوقات الذروة . اوجد:

أ. فضاء العينة.

ب. عدد الخطوط.

ج. دالة التوزيع.

ح. دالة الكثافة.

الحل:

بما أنه لا يوجد رقم أقل من 2 إذن $P(x<2)=0$

العينات عند $x=3$ هي $S_{10} + S_{11} + S_{16}$

$P(x<3)=3/30=0.1$

العينات عند $x=3$ هي $S_{10} + S_{11} + S_{16}$

اوجد التباين و الانحراف المعياري للمكالمات في وقت الذروة:

$\mu = 5$

x_i	$f_{x(xi)}$	$(x_j - \mu)^2$	$(x_j - \mu)^2 f_{x(xi)}$
2	$\frac{3}{30} = 0.1$	9	0.9
3	$\frac{2}{30} = 0.067$	4	0.268
4	$\frac{7}{30} = 0.233$	1	0.233
5	$\frac{6}{30} = 0.200$	0	0
6	$\frac{3}{30} = 0.100$	1	0.100
7	$\frac{7}{30} = 0.233$	4	0.932
8	$\frac{2}{30} = 0.067$	9	0.603

$$Var(x) = \sum (x_k - \mu)^2 f_x(x)$$

$$Var(x) = \sigma_x^2 \Rightarrow \sigma_x = \sqrt{\text{var}(x)}$$

ثالثاً: النماذج الثابتة: STATIC MODEL

وهذا النوع من النماذج لا يستخدم المتغيرات صراحة, بل يعتمد كثيراً على الثوابت, وأن الحلول تنتج بصورة تحليلية مباشرة دون استخدام المحاكاة.

رابعاً: النماذج المتغيرة (الحركية): DYNAMIC MODEL

النماذج الرياضية التي تتعامل مع الزمن المتغير تسمى DYNAMIC MODEL وهذه الكلمة DYNAMIC هي تعني العلاقة بين ما قبل الحدث وبعده, وهذا النموذج يهتم بحركة الحدث داخل النظام؛ لذلك نجده يتعامل مع دورة النظام.

3. توليد الأرقام العشوائية

عند القيام بعمل نموذج محاكاة تحتاج دائماً إلى آلة للقيام بتوليد الأرقام العشوائية. وأغلب اللغات العلمية بها دالة تعرف بـ (RAND) تقوم بتوليد هذه الأرقام عند استخدام هذه الدالة في كل مرة يتم توليد سلسلة من الأرقام تتراوح بين صفر و 32717 كحد أقصى. هذه الأرقام موزعة توزيعاً طبيعياً لكن هذه الأرقام ليست عشوائية حقيقة للأسباب التالية:

1. هذه الأرقام ثابتة لأن الترتيب دائماً ثابت.
2. النتائج متقطعة إذ لا يتم توليد أرقام بها علامات عشرية.
3. سلسلة الأرقام تأخذ نظام دوري حيث تقوم بتكرار هذه السلسلة بعد مدة معينة.

لهذه الأسباب فإن الأرقام تسمى Pseudorandom في أغلب الأحيان تظهر الحاجة إلى اختيار رقم افتراضي من خلال مجموعة احتمالات هذه الفرضيات تسمى اختيار عشوائي.

1.3 استخدام الحاسوب في توليد الأرقام العشوائية

بما أن الأرقام العشوائية تستعمل دائماً مع الإحتمالات فإن احتمال اختيار عدد معين لا يمكن التنبؤ به بصورة صحيحة.

إذن فأفضل عمل يمكن القيام به هو بناء احتمال صحيح يقوم بمعرفة الرقم التالي الذي نريده على وجه التحديد وكما هو معروف فإن الخوارزمية تقوم بتوليد الأرقام العشوائية تمكن المستخدم من التنبوء بالرقم المقبل لأن هذه الخوارزمية تستخدم رقم واحد لتوليد بقية الأرقام وكما قلنا فإن هذه الأرقام ليست عشوائية ولكنها تسمى Deterministic أو Pseudorandom لأن أي رقم في السلسلة يُعرف بواسطة الرقم الأول والخوارزمية المستخدمة.

2.3 الخوارزمية المستخدمة في توليد الأرقام العشوائية

عند القيام بتوليد أرقام عشوائية داخل مدى معين فلا بد من إتاحة الفرصة لجميع الأرقام حتى يتم تمثيلها وتوزيعها توزيعاً طبيعياً وهذا يعني أن أي رقم يتكرر عدد معين من المرات حيث أن جملة المحاولات أكبر بكثير من المدى الذي تم اختيار الأرقام من خلاله فإذا افترضنا اختيار أرقام عشوائية بين صفر و 9 وقمنا بتكرار التجربة 10000 مرة فإن من المتوقع تكرار الأرقام العشرة حوالي ألف مرة لكل رقم.

وسنقوم الآن بوضع بعض الأساليب التي تساعد في توليد الأرقام العشوائية. جميع هذه الخوارزميات محددة Deterministic حيث تستخدم الرقم الحالي لتوليد رقم جديد.

إذا افترضنا أن خوارزمية ما تبدأ بالرقم 7 تليها الرقم 4 ثم تليها الرقم 5 والرقم 8 وهكذا. حيث أن الأرقام العشرة الأوائل تكون على النحو التالي:

7 4 7 8 5 4 7 8 5 4
1 2 3

من ذلك نجد أن كل مجموعة تسمى دورة، وعدد الأرقام ثابتة طوال الدورة، أي أن الدورة تحتوي على 7 4 5 8 وطول الدورة 4.

الخوارزمية الخطية للأرقام Linear Congenital

من أهم الخوارزميات المستخدمة في توليد الأرقام العشوائية (الزائفة) هي Linear Congenital Method الذي قام به العالم D. H في الخمسينات. وهذه الطريقة تستخدم أربعة عوامل أساسية تساعد في توليد الأرقام العشوائية.

- القيمة الأولية (الإبتدائية) x_n أو x_0
- المضروب a
- الزيادة c
- المقسوم عليه m (modulus)

هذه العوامل الأربعة تحدد خواص سلسلة الأرقام وجودتها ومن هذه العوامل نجد أن المقسوم عليه m دائماً أكبر من الصفر أمّا بقية العوامل فتتراوح قيمتها بين الصفر أو أكثر وتستخدم هذه المعادلة في توليد الأرقام العشوائية.

$$x_{n+1} = (ax_n + c)\%m$$

هذه المعادلة تساعد في توليد الأرقام التي تتراوح بين صفر و m فإذا كانت m=10 فسيتم توليد أرقام تتراوح بين صفر و 9 حيث يجوز أن تتكرر الأرقام كما في المثال السابق وربما لا توزع الأرقام بصورة صحيحة.

وباستخدام المعادلة:

$$x_{n+1} = (3x_n + 3)\%10$$

يمكن القول بأن:

M = 10

A = C = 3

فإذا بدأنا بالرقم 7 أي $x_{n=}7$ فإن الأرقام المتوقعة هي:

$$x_{n+1} = (3*7+3)\%10 = (21+3)\%10 = 24\%10 = 4$$

$$x_{n+1} = (3*4+3)\%10 = (12+3)\%10 = 15\%10 = 5$$

و بعد هذه القيمة مباشرة يتم تكرار الأرقام السابقة بصورة دورية.

كيف يتم اختيار باقي القسمة؟

بما أن العامل يحدد المدى الذي نريد حصر الأرقام من خلاله وتحديد أقصى مدى ممكنة للأرقام المتجانسة فلا بد من اختيار هذه الأرقام. في أغلب الأحيان يحتاج لأن تكون mأكبر ما يمكن لأن هذا الإختيار يؤدي إلى توليد أرقام متجانسة وموزعة توزيعاً طبيعياً كما أن اختيار رقم أولي أقرب إلى المدى 32767 المطلوب وهو الرقم 32749 هو الرقم الذي لا يقبل القسمة إلاّ على واحد والرقم نفسه فمثلاً الأرقام 4، 8، 9 هي أرقام لها عوامل وهي ليست أرقام أولية.

اختيار المضروب ومقدار الزيادة

هذان العاملان يساعدان في تحديد طول الدورة ولذلك لا بد من أن يؤدي الإختيار إلى أطول دورة ممكنة فإذا كان باقي المقسوم عليه هو رقم مرفوع لقوة فيمكن الحصول على أطول دورة إذا تحقق في المضروب ومقدار الزيادة الخصائص التالية:

1. أن يكون مقدار الزيادة هو رقم فردي.
2. إذا تم قسمة المضروب على أربعة فإن الباقي يكون 1 أي أن $1\%4 = 1$

وهذه الإختبارات مناسبة لبعض التطبيقات

Multiplier	Increment
37	293
126	73

4. اختيار برنامجِ المحاكاةِ

عزيزي الدارس؛ إن العدد الكبير لبرامجِ المحاكاةِ المتوفرةِ اليوم في السوقِ, يُمْكِنُها أن تحير المستعملين الجدّدِ في عملية الاختيار . والبرامج التالية هي فقط عينة عشوائية مِنْ البرامجِ المنتشرة:

ACSL, APROS, ARTIFEX, Arena, AutoMod, C++SIM, CSIM, Call$im, FluidFlow, GPSS, Gepasi, JavSim, MJX, MedModel, Mesquite, Multiverse, NETWORK, OPNET Modeler, POSES++, Simulat8, Powersim, QUEST, REAL, SHIFT, SIMPLE++, SIMSCRIPT, SLAM, SMPL, SimBank, SimPlusPlus, TIERRA, Witness, SIMNON, VISSIM, javasim.

أسئلة تقويم ذاتي



1. اذكر المكونات الأربعة لأي نموذج رياضي في تحديد عناصره.
2. وضح معنى المعلمات (العناصر).
3. اشرح الأتي : تنقسم النماذج الرياضية الى أربعة أقسام رئيسة وهي النماذج الحتمية، النماذج التصادفية، النماذج الثابتة، والنماذج الحركية.
4. بماذا تسمى الحالات التي يتم فيها المقاطعة مثل خدمة الزبائن.

هناك عِدّة أشياء تَجْعلُ برمجية المحاكاةِ مثاليةِ. ونذكر بعضا من هذه الخصائص مثل الدعمِ، والتفاعلية ومراقبة الأخطارِ، والوصلة، ...الخ. أما الخصائص التي يريدها المستعمل فهي كثيرة منها حاجة كل مستخدم، ومستواه وخبرته، ... إلخ. ولهذه الأسبابِ فإن السؤال عن أَيّ الحزم هي الأفضل يعتبر غير مناسب و فشلا فاضحا في الحكمِ على البرمجية. ولكن يجب طرح هذا السؤال قبل كل شيء، وهو لأي غرض نريد أن نستعمل هذه البرامجَ؟ هل للتعليمِ؟ أم للتعلم؟ أم لمشاريعِ طلابِية؟ أَم للبحوثِ؟

إنّ السؤالَ الرئيس هو, ما هي السمات المهمة التي يجب البَحْث عنها في الحْزمَة البرمجية؟ ويكون الجوابُ معتمدا على استخدامها في تطبيقِ معيّن. وعلى أية حال هناك بَعْض المعاييرِ العامّةِ **الواجب توافرها في البرمجية مثل:**

- **سهولة الادخال.**
- **المعالجة التي تَسْمحُ باجراء بَعْض البرامج.**
- **قابلية تحقيقِ الأمثلية.**
- **سهولة المخرجات.**
- **بيئة مضمونة للتدريب وخدماتِ الإسناد.**

- **قابلية تحليلِ البيانات الإحصائيةِ للمدخلات والمخرجاتِ.**
- **وأخيرا عامل التكلفة.**

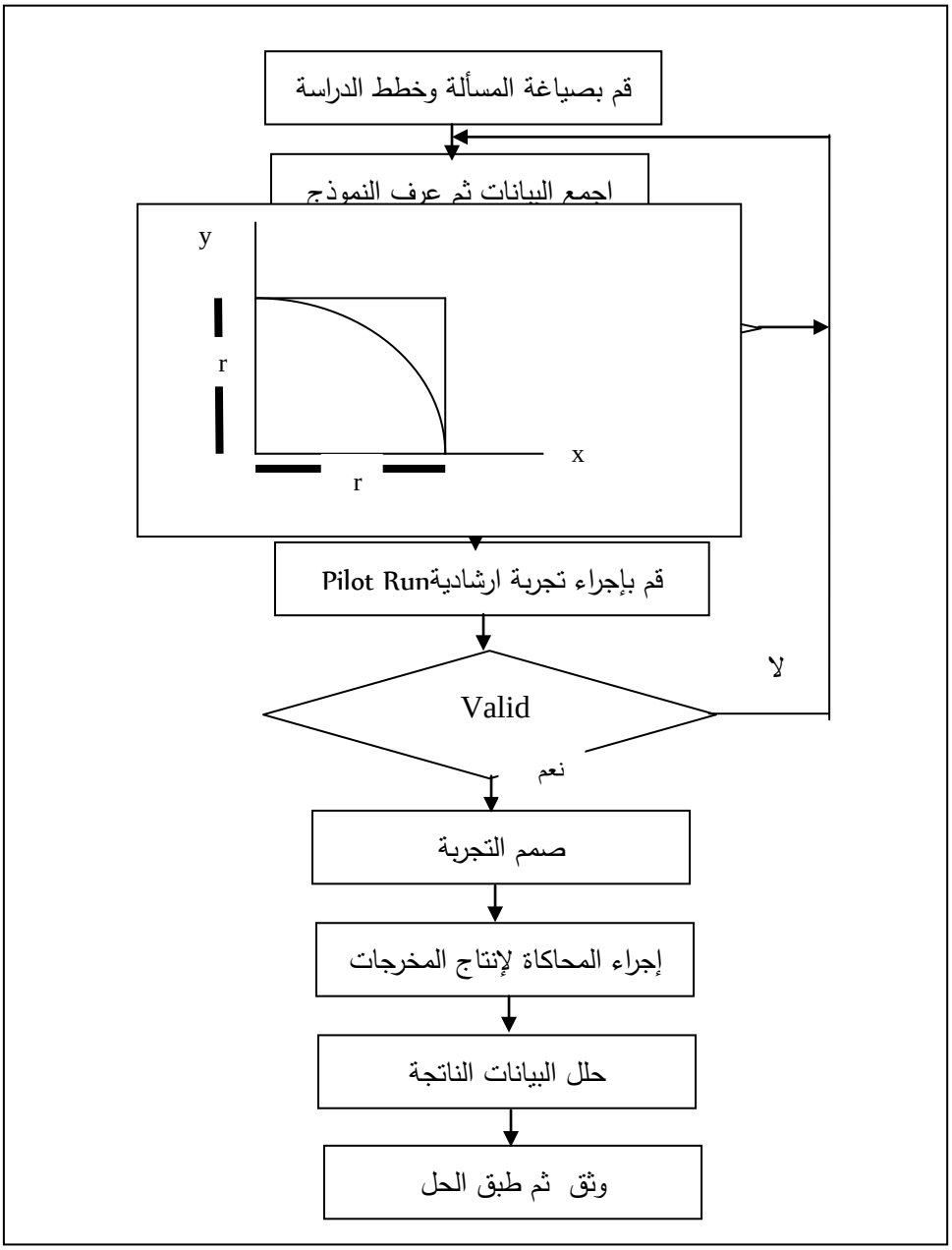
و يَجِبُ أَنْ تَعْرفَ أَيّ الميزّاتَ هي ملائمة لحالتِكِ وظروفك، بالرغم من أن هذا لا يستند على الحكم على البرمجية ب"الجودة" أَو "عدمها".

التخطيط لنظام محاكاة بوساطة الحاسوب:

لمحاكاة تجربة ما لا بد من الأخذ ببعض الإجراءات المتصلة, والذي من شأنها أن تؤدي إلى إنجاح التجربة, وتحقيق الهدف من وراء هذا النموذج والمخطط الانسيابي التالي يوضح هذه الإجراءات.

الشكل (2)

خطوات دراسة المحاكاة



النظم المستمرة (المتصلة) والمتقطعة (المنفصلة):

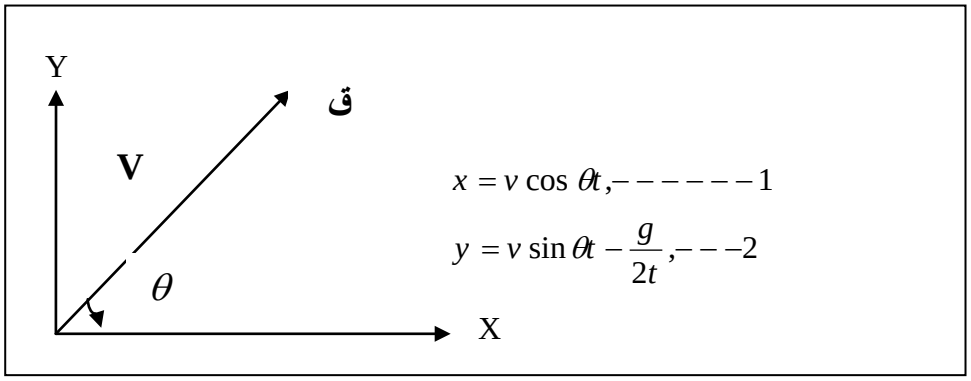
المتغيرات التي تقبل جميع القيم بين عددين تسمى متغيرات مستمرة, والتي لا تقبل ذلك تسمى بالمتغيرات المتقطعة, مثال لذلك الأطفال في الأسرة (متغير متقطع) مثلا طفل واحد واثنان وثلاثة ولكن لا يقال 5.5 طفلا. وعادة يطلق على المتغيرات التي يمكن قياسها بأنها مستمرة ، أما المتغيرات التي يمكن عدها فيطلق عليها متغيرات متقطعة.

أنواع النماذج التي يمكن محاكاتها:

عند القيام بعمل نماذج محاكاة هنالك عاملان يحددان كفاءة النظام، هما الحدث EVENT والزمن TIME ويترتب من ذلك وجود أربع حالات هي:

أ. **حدث مستمر (متصل) وزمن مستمر** Continues Event, Continues Time

مثال لذلك قذف جسم إلى أعلى "المقذوفات" من ذلك يمكن محاكاة سلوك هذا الجسم في الهواء وذلك بالتعبير رياضياً عن ذلك بالمعادلتين:



شكل رقم (4)

ويتم كتابة برنامج المحاكاة بناء على الخوارزمية التالية:

1. **القيم الأولية:** $T = 0, U = V, \theta = 0$
2. **احسب (X, Y) عند اللحظة T من المعادلتين 1و 2.**
3. **زيادة T بمقدار** Δ

اختيار المعادلة T < TMAX فإذا كان صحيحاً تكرر الخطوة رقم 2.

ب. **زمن مستمر وحدث متقطع(منفصل)** Continous time Discrete Event

إن أغلب النماذج العملية تتدرج تحت هذا الإطار. و في هذه النماذج فإن الأحداث تقع في أوقات أو فترات متقطعة, مثال لذلك تظام الاصطفاف Queuing System في محطات الوقود, حيث تصل السيارات بصورة عشوائية.

ج. **زمن متقطع وحدث متقطع:** Discrete Time/Discrete Event

في هذا النوع من النماذج نجد أن الأحداث تكون في أوقات معروفة مربوطة بالحدث, وهو ما يعرف بال RANDOM WALK

مثال لذلك حركة جسم من نقطة البداية, وتتحرك عند كل وقت تكون فيه قيمة ن = 1، 2، 3، إما في اتجاه اليمين أو اتجاه الموجب أوالإتجاه السالب بناءً على النتائج من التجربة, مثلاً قذف عملة فإذا وقع على الوجه H يجعل الجسم يتحرك في الاتجاه الموجب, أما إذا سقط على الوجه T, فإن الجسم يتحرك في الاتجاه السالب.

د. **زمن متقطع وحدث مستمر** Discrete Time Continues Event

وهذا النوع من النماذج نادراً ما يحصل وهو ليس مرغوباً في المجالات الواقعية المختلفة.

أسئلة تقويم ذاتي



1. اذكر بعض برامج المحاكاة المتوفرة اليوم في السوق.
2. ما هي المعايير العامة التي يجب توافرها في البرمجية؟
3. اشرح ووضح بالرسم خطوات دراسة المحاكاة.
4. ما الفرق بين المتغيرات المستمرة والمتغيرات المتقطعة؟.

5. النمذجة والمحاكاة عموماً

المحاكاة عُموماً هي أَنْ تَزْعمَ بأنّك تَتعاملُ مع شيء حقيقي، بينما في الواقع أنك تقلد هذا العمل, أي أنه غير حقيقي. وفي بحوثِ العمليات، فإن التقليد هو نموذج حاسوبِي لتقليد الحقيقةِ. كما أن محاكي الطيرانِ في الحواسيب الشخصية هو أيضاً نموذج حاسوبِي لبَعْض سماتِ الطيرانِ: وتعرض على الشاشةِ، والسيطرة والشيء الذي يُفتَرضُ أن يراه "الطيار" (الطفل الذي يُشغّلُه) مِنْ "قُمرةِ القيادة" (كرسي القيادة).

لماذا تستعمل النماذجِ؟

لا شك أن استخدام محاكي الطَيَرَانْ أكثر أماناً, وأرخصُ تكلفة مِنْ استخدام الطائرةِ الحقيقيةِ. ولهذا السببِ الواضح تستعمل النماذج في التجارةِ والصناعةِ والحرب. كما أن إجْراء التجاربِ بالأنظمةِ الحقيقيةِ مكلف جداً، وخطرة ومستحيلة في أغلب الأحيان. فإذا كانت النماذج لها أوصافَ كافيةَ مِنْ الواقع والحقيقةِ (مبني على افتراضات صحيحة)، فإن استخدامها يُمْكِنُ أَنْ يُوفّر المالَ، والمعاناة والوقت على حد سواء.

متى تستعمل المحاكاةِ؟

تستعمل المحاكاة في الأنظمة التي تَتغيّرُ مع الوقتِ، مثل محطات الوقود حيث تَجيءُ السيارات وتَذْهبُ (وتعرف بالأنظمةَ الديناميكيةَ), وتَتضمّنُ العشوائية randomness. كما أنه لا يُمْكِنُ لأحد أَنْ يخمن بالضبط متى تصل السيارةَ القادمةَ إلى المحطةِ. ويَحتاجُ عرض الأنظمةِ الديناميكيةِ المعقّدةِ الكثير مِنْ التبسيطِ نظرياً، كما أن النماذجِ الصاعدةِ قَدْ لا تَكُون صحيحة، لذا فإن المحاكاة لا تَتطلّبُ الكثيرِ من الفرضياتَ.

كيف تحاكي نظاما أو تقلده؟

نَفترضُ أننا نريد محاكاة محطة وقود. يجب أن نَصِفُ سلوكَ هذا النظامِ بشكل تخطيطي، وذلك بحساب عددِ السياراتِ في المحطةِ؛ وحالة النظامِ. كُلَّ مَرَّةٍ تَصِلُ فيها سيارة تزاد في الرسم البياني بوحدةِ واحدة ,وعندما تُغادرُ سيارةً نقوم بإسْقاط وحدةِ واحدة من الرسم البياني. هذا الرسم البياني (يسمى طريقَة أخذ العيّنةِ)، يُمْكِنُ أَنْ يُحْصَلَ عليه مِنْ

ملاحظةِ محطة حقيقية، ولكن يُمْكِنُ أيضاً أَنْ يَكُونَ قد تم بناؤه بشكل اصطناعي. وتشمل المحاكاة بناء هذا النظام الإصطناعيِ, وتحليلِ طريقِة العيّنةِ الناتجِ.

كيف تنفذ المحاكاة بكفاءة؟

قَدْ تنفذ المحاكاة يدوياً. و في أغلب الأحيان ، قد يكون نموذج النظام مكتوبا أمّا كبرنامج حاسوبِ, أَو كنوع من أنواع المدخلات إلى برامجِ المحاكي.

بعض مصطلحات النظامِ:

الحالة State : أي متغيّر يُميّزُ خاصيّةً معينة في النظامِ, مثل مستوى الأسهمِ أثناء الجردِ, أَو عددِ الأعمال التي تَنتظر المعالجة.

الحدث Event: حدوث تغيير في نقطة زمنية قَدْ يُغيّر من حالةَ النظامِ، مثل وصولِ زبون أَو بداية العملِ في الشغل.

الكيان Entity: هو الأشياء التي تَمُرُّ من خلالِ النظامِ، مثل السياراتِ في التقاطعِ, أَو الطلبيات في المصنع. وفي أغلب الأحيان يرتَبطُ الحدث (ومثال على ذلك: الوصول) بالكائن (الذي يتعلق بالزبون).

الصف Queue: الصْفُّ ليس فقط هو الصف الطبيعي مِنْ الناسِ، ويُمْكِنُ أن يكون هو أيضاً قائمةَ أعمال أو مهام، أو مخزن السلع تامة الصنعِ التي تَنتظر نقلاً، أَو أي مكان تَنتظرُ فيه الكيانات حدوث شيء لأيّ سبب من الأسباب.

الخَلْق Creating: هو الذي يتسببُ في وصول كائن جديد إلى النظامِ في وقتٍ ما بمرور الوقت.

الجدولة Scheduling: الجدولة هي تَخصيص حدث مستقبلي جديد للكائن الحاليِ.

المتغير العشوائي Random variable: عبارة عن كمية مجهولةُ، مثل زمنِ الوصول interarrival بين رحلتين قادمتينِ,أَو عددِ الأجزاءِ التالفة في شحنة ما.

التنوع العشوائي Random variate: هو عبارة عن متغير عشوائي مُوَلَّد,بشكل اصطناعي.

التوزيع Distribution: هو القانونُ الرياضي الذي يَحْكمُ الميزّات الاحتماليةَ للمتغير العشوائي.

مثال بسيط: لمحاكاةِ بناء محطة وقود لها مضخّة خَدمة واحدة وعامل واحد. افترضْ أن زمن وصولِ السياراتِ ووقت الخدمة أيضاً عشوائياً. في بادئ الأمر يُميّزُ:

الحالات: عدد السياراتِ التي تَنتظرُ الخدمة, وعدد السياراتِ التي تخدم في أيَّةِ لَحظَةٍ

الأحداث: وصول السياراتِ، بداية الخدمةِ، نهاية الخدمةِ

الكيانات: مثل السياراتَ.

الصف: صف السياراتِ أمام المضخّةِ، و السيارات التي تَنتظرُ الخدمة.

الإدراك العشوائي: زمن الوصول interarrival، وزمن الخدمةِ.

التوزيعات: سَنَفترضُ التوزيعات الأسّية لكل من زمن الوصول interarrival، وزمن الخدمةِ.

بعد ذلك، نُحدّدُ ما الذي نعمله في كُلّ حدث. ويمكن كتابة المثال أعلاه كما يلي:

- في حدثِ وصولِ الكائن: أنشئ وصولٌ جديدٌ. إذا كان الخادمِ غير مشغول، يُرسلُ الكائن لبدايةِ الخدمةِ. ما عدا ذلك ينتظر في الصفّ.
- في حدثِ بدايةِ الخدمةِ: الخادم يُصبحُ مشغولا. جدول نهاية الخدمةِ لهذا الكائن.
- في حدثِ نهايةِ الخدمةِ: الخادم يُصبحُ حرّاً. إذا كان هناك أي كائن منتظرٍ في الصف: يسحب الكائن الأول مِنْ الصف؛ وتُرسل لبدايةِ الخدمةِ.

لا زالَ بَعْض الخطوات مطلوبة في المحاكاة، على سبيل المثال، إنشاء أول وصول.

أخيراً، يحول الشفرة أعلاها إلى برنامج. هذا الامر في غاية السهولةُ عند وجود مكتبةِ ملائمةِ بها إجراءات subroutines لإنشاء، وجدولة، وتوقيت الزمن الصحيح للأحداثِ، ومعالجة الصف، وتوليد التُنوّعُ العشوائي، وجمع البيانات الإحصائية.

إضافةً إلى ما تقدم، يقوم البرنامج بتسجّيل عدد السياراتِ في النظامِ قَبلَ وَبَعد كُلّ تغيير، و طولِ كُلّ حدث.

6. تطوير أنظمةِ المحاكاةِ

أنظمة الأحداثِ المتقطعة (Discrete event systems (DES)) هي الأنظمةَ الديناميكية التي تَتطوّرُ بمرور الوقت بحدوثِ الأحداثِ, ربما في فتراتِ زمنية غير منتظمة. ويكثّرُ استخدام أنظمة الأحداثِ المتقطعة في تطبيقاتِ العالم الحقيقي. من ضمن هذه الأمثلة أنظمةَ المرورِ، وأنظمة التصنيع المرنةِ، وأنظمة اتصالاتِ الحاسوبِ، وخطوط الإنتاج، وشبكات التدفقِ. أغلب هذه الأنظمةِ يُمْكِنُ أَنْ تنمذج كأحداثِ متقطعة؛ لأن حدوثَها يُسبّبُ في تَغْيير حالة النظام من حالة إلى آخرى. وعند تَصميم مثل هذه الأنظمةِ المعقّدةِ ، وتحليلها وتشغيلها، يجب الاهتمام لَيسَ فقط بتقييمِ الأداءِ ولكن بتحليلِ الحساسية وتحقيقِ الأمثلية أيضاً.

إن أي نظام احتمالي stochastic مثالي لَهُ عدد كبير مِنْ معامل السيطرةِ الذي يُمكنُ أَنْ يكون له تأثير مهم على أداءِ النظامِ. ولترسيخ معرفة أساسية بسلوكِ النظام تحت اختلاف قيم مدخلات المعاملِ, ولتقدير الأهميةِ النسبيةِ لمعالم المدخلات، يُطبّقُ تحليل الحساسية تغييرا بسيطا إلى القيم الاسميةِ لمعالم المدخلات. ولمحاكاةِ الأنظمةِ، فإن اختلاف قِيَمِ معالم المدخلات، لا يُمْكن أَنْ يكون صغيرا بشكل لانهائي. إنّ حسّاسيةَ إجراءِ الأداء فيما يتعلق بمعالم المدخلات يُعرّفُ بالاشتقاق الجزئي partial derivative .

ويهتم تحليل الحساسية بتَقييم حسّاسيةِ قياس الأداءِ, الذي يتعلق بالمعالم المرغوبة. ويقدم توجيهاً للتصميمِ والقراراتِ التشغّيليةِ ويلعب دورا محوريا في تَمييز معالم النظامِ المهمة، بالإضافة إلى الأنظمة التي تحدث فيها الاختناقات جزئيا(عنقِ الزجاجة). وتنفذ هذه البحوث لتحليلِ الحساسية وتحقيقِ الأمثلية stochastic لأنظمةِ الأحداثِ المتقطعة, باستخدام نماذجِ المحاكاة بالحاسوبِ. و هذا المثال مخصص لتقديرِ الاستجابة للسطحِ الداخلي لأنظمةِ الأحداثِ المتقطعة المعقّدةِ عن طريق عيّنةِ وحيدة، مثل زمنِ الانتظار المتوقّعِ لأحد الزبائن المنتظرين في الصف، والمعالم الموجّهةِ للنظامِ، مثل معدل الخدمةِ وحجمِ الذاكرة الوسيطة (Buffer), وتوجيه الاحتمالاتِ. وطالما أن سطح الاستجابة في

المتناول، فنحن قادرون على أداء تحليلِ الحساسية, وتحقيقِ أمثلية أنظمة الأحداث المتقطعة بوساطة محاكاة وحيدة، أي إمكانية الحصول على المعلماتِ المثاليةِ للنظامِ وحسّاسيتِه، فيما يتعلق بمعلماتِ النظامِ الخارج عن السّيطرةِ، مثل معدل الوصولِ في نظام الصفوف. ونستطيع هنا تعريف ثلاث عملياتَ مُتميّزةَ هي:

التحليل الوصفي و يَتضمّنُ:

- تعريف وصياغة المشكلةِ.
- جمع البياناتِ وتحليلِها.
- تطوير نموذج محاكاة بالحاسوبِ.
- المصادقة والتحقق والضبط.
- وأخيراً تقييم الأداءِ.

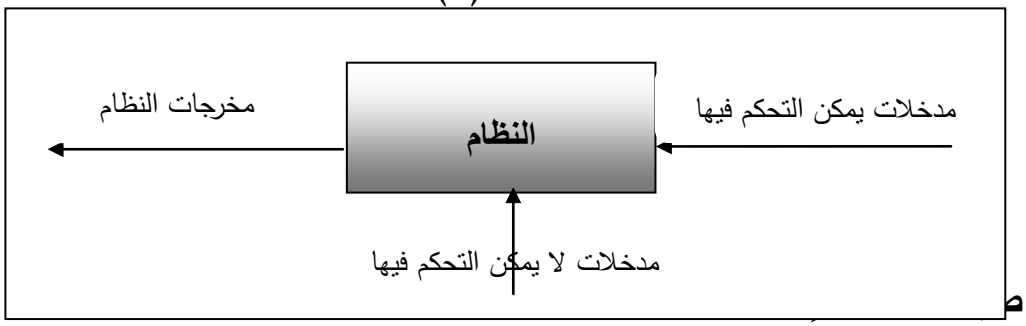
التحليل التقادمي:

لتحقيق الأمثلية أو تحقيقِ الأهدافِ. وهي مكوّناتَ ضروريةَ

التحليلِ بعدِ التقادميِ:

ومن أمثلتها تحليلِ الحسّاسية، وماذا لو . وتُحاولُ المحاكاة الوصفية اسْتِعْمال المحاكاةِ لوَصْف القراراتِ المطلوبةِ للحُصُول على النَتائِجِ المحدّدةِ. وهي مُقَسَّمة إلى موضوعين هما تحقيق الأهداف وتحقيقَ الأمثلية. كما أن التطورات الحديثة للخوارزميات المطلوبةِ للحسّاسيةِ تَجْعلُ المحاكاةَ التقادميةَ عمليةَ لحد ما.

شكل (5)



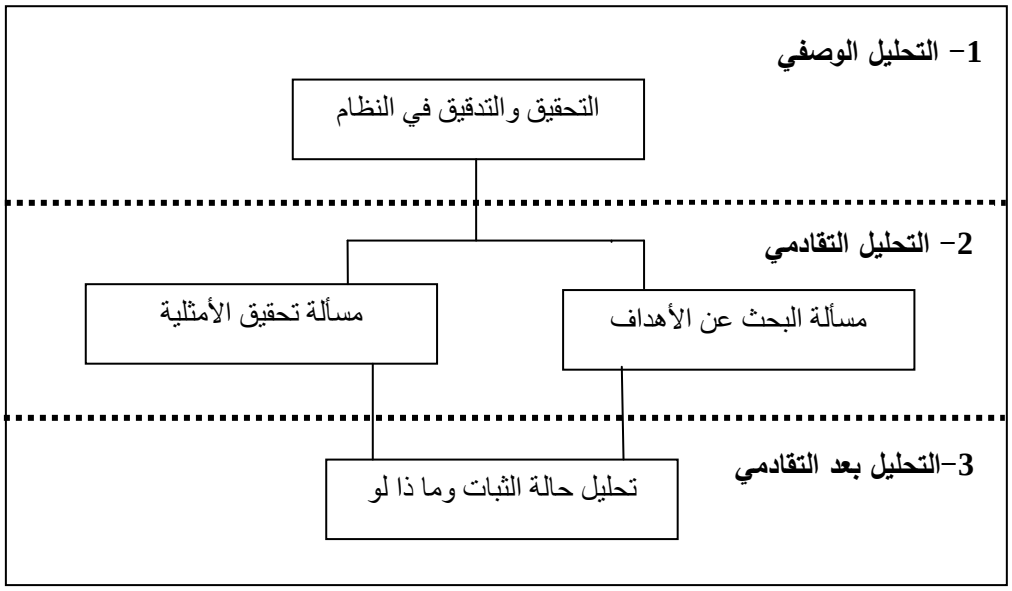
أولا: ميز المدخلات الموجّهة وغير الموجهة الخارجة عن السّيطرة.

ثانيا: ميّزْ القيودَ على متغيّراتِ القرار.

ثالثا: عرّفْ مقياس أداءِ النظامِ ودالة الهدف.

رابعا: طوّرْ تركيباً نموذجياً تمهيدياً لَرَبط المدخلات ومقياس الأداءِ.

شكل (6) عملية تطوير نموذج المحاكاة



خامسا: جمع البياناتِ وتحليلها:

بغض النظر عن الطريقةِ التي تُستَعملُ لجَمْع البياناتِ، فإن قرار كَمْ سنجَمْع من البيانات أمر متبادل بين الكلفةِ والدقةِ.

سادسا: تطوير نموذج محاكاةِ: اكتِساب الفَهْم الكافي للنظامِ لتَطوير نظام منطقيٍّ وتصوريٍ ملائمِ, وبعد ذلك فإن نموذج المحاكاةِ يعتبر أحد أكثر المهامِ الصعبةِ في تحليلِ المحاكاةِ.

سابعا: مصادقة النموذج والتحقيق والتحديد: عُموماً، بينما يُركّزُ التحقيقَ على الاتساقِ الداخليِ للنموذج، تهتم المصادقة بالربط بين النموذجِ والحقيقةِ. وتستخدم العبارة مصادقة لتلك العملياتِ التي تبحث لإيجاد ما إذا كانت المحاكاة صحيحة أم لا فيما يتعلق بالنظامِ "الحقيقيِ"وبعبارة أدق ، فإن المصادقة تطرح السؤال " هَلْ قمنا ببنَاء النظام الصحيح؟" أما

التحقيق من الناحية الأخرى، فيسعى للإجابة عن السؤالِ التالي:" هَلْ بنينا النظامَ بالطريقة الصحيحة؟" ويفحص التحقيق في مدى مقابلة تطبيقَ نموذجِ المحاكاةَ (البرنامج) مع النموذج. وتسعى المصادقة لتحقيق أن النموذجَ يُقابلُ الحقيقة والواقع. بينما تسعى **المعايرة** للتأكد من أن البياناتَ المولّدة بالمحاكاةِ تَجاري البيانات الحقيقيةَ (المُلاحَظة).

المصادقة Validation: هي عملية مُقَارَنَة مخرجات النموذج بسلوكِ الظاهرةِ قيد الدراسة. و بكلمة أخرى هي مُقَارَنَة تنفيذ النموذجِ بالحقيقةِ .

التحقّق Verification: هوعملية مُقَارَنَة شفرة الحاسوب مع النموذجِ لضمان أن الشفرة هي التطبيق الصحّيح للنموذجِ.

المعايرة/التقويم Calibration: هو عملية تقديرِ معالم النموذج. إذن **المعايرة** هي ضبط المعالم الحالية بدقة, أو البحث عن قيم معالم النظام بعناية، وعادة لا يَتضمّن ذلك المعالم الجديدةِ التي تطرأ على النظام، أو تلك التي تغير في تركيب النموذج. وفي سياق تحقيقِ الأمثلية، فإن **المعايرة** هي إجراءٌ لتحقيقِ الأمثلية, وداخل في تعريفِ النظامِ أَو أثناء تصميمِ التجارب.

تحليل المدخلات والمخرجات:

إن نماذج محاكاةِ الأحداثِ المتقطعة لَها مكوّناتُ تصادفية، وبالتحديد تلك التي لها مكونات احتماليةَ مثل التي تحاكي الطبيعةَ الاحتمالية للنظامِ قَيْد النّظر. ولتكون نماذج المدخلات ناجحة, يَتطلّبُ ذلك وجود انسجام بين نموذجِ المدخلات والآليةِ الاحتماليةِ الحقيقية المرتبطة بالنظامِ. إنّ الغرض من تحليل بياناتِ المدخلات هو لنمذجة عنصر (ومثال على ذلك: عملية الوصولِ، أو زمن الخدمةِ) في محاكاة أحداثِ متقطعة في وجود مجموعة البيانات التي جمعت بالنسبة للعنصرِ موضع الاهتمامِ. وفي هذه المرحلةِ يجب التأكد من عدم وجود الخطأَ في البياناتِ المدخلة، بما في ذلك المتغيرات الخارجيةِ، والسياسات، والمتغيّرات العشوائية والحتمية. الغرض من تجربة محاكاةِ النظامِ هو الَتعلّم من سلوكِه. إن التخطيط بحذر، أَو تَصميم تجاربِ المحاكاةِ عموماً تقدم مساعدة عظيمة وتوفر الوقتِ والجُهدِ, وذلك بتقديم طرقِ فاعلة لتقدير أثرِ التغييراتِ في مدخلات النموذجِ

ومخرجاتها. و تَستعملُ طرق تصميمِ التجارب الإحصائيةِ في الغالب ضمن سياق تجاربِ المحاكاةِ.

أسئلة تقويم ذاتي



1. لماذا نستعمل النماذج؟ ومتى نستعمل نماذج المحاكاة؟ وكيف نحاكي نظاماً؟
2. اشرح مصطلحات النظام الآتية:

– الحالة – الحدث – الكيان – الصف – الخلق – الجدولة

– المتغير العشوائ – التنوع العشوائي– التوزيع.

3. صف بتوسع تطور أنظمة المحاكاة.
4. كيف يتم صياغة المشكلة؟

7. تقييم الأداءِ وتحليل ماذا لو What-If Analysis

عزيزي الدارس، يعتبر تحليلُ ماذا لو من صميم نماذجِ المحاكاةِ.

تقدير الحسّاسيةِ:

يَجِبُ أَنْ يَكُون المستعملون مجهزين بالتقنياتِ الرخيصةِ التي تستعمل لتحليلِ الحساسية, إذا أرادوا أَنْ يَفْهموا أَيّ العِلاقاتَ هي الأكثر أهمية, أو ذات مغزى في النماذجِ المعقّدةِ.

تحقيق الأمثلية:

تَتطلّبُ تقنياتُ تحقيقِ الأمثلية التقليديةِ تقدير الميلِ gradient. و كَمَا هو الحَال مَعَ تحليلِ الحساسية، فإن النظرة الحالية لتحقيقِ الأمثلية تَتطلّبُ محاكاةَ مركّزةَ لبِناء دالة استجابة سطحيّةِ تقريبيةِ. وسيكون من المعتبر دَمْج تقنياتِ تقديرِ الميلِ إلى الخوارزمياتِ المتقاربةِ مثل الخوارزمياتِ من نوعِ Robbins مونرو, المستخدم لأغراضِ تحقيقِ الأمثلية.

تطبيقات تقديرِ الميلِ:

هناك عدد مِنْ التطبيقاتِ التي تَقِيسُ معلوماتَ الحسّاسيةِ، والمعلومات المحليّة، والخصائص الهيكلية، وتوليد سطح الاستجابة، ومشكلة البحث عن الهدفِ، وتحقيق الأمثلية، و مشكلةِ ماذا لو، وتعدد النماذج(Meta-modelling)

توليد التقارير:

يعتبر توليد التقاريرِ وصلة مهمة في عمليةِ الاتصال بين النموذجِ والمستعملِ النهائي.

تصنيف العملياتِ التصادفية: Stochastic

العملية التصادفية (stochastic) هي نموذج احتمالي لنظام يتغير بشكل عشوائي مع مرور الوقت والمكان. ويعبر رسمياً عن العملية التصادفية بأنها مجموعة المتغير العشوائي $\{X(t), t \in T\}$ كُلّها مُعَرَّفة على فضاء عيّنة مشتركة. $X(t)$ الحالة بينما t هو (الوقت) الذي يدل على وَضعِ المتغير في مجموعة T .

ومن أمثلة ذلك:

التأخير Delay $\{D(i), i = 1, 2, ...\}$ للزبونِ رقم i وعدد الزبائنِ $\{Q(t), T \geq 0\}$ في الصف في الوقتِ t في نظام صفوف من النوع M/M/1. وبينما نجد في المثالِ الأولِ، أن الوقت متقطع والحالة مستمرة، نجد في المثالِ الثانيِ أن الحالة متقطعة والوقتُ مستمرٌ.

والجدول التالي يوضح تصنيف العملياتِ التصادفية المُخْتَلِفة. إن الأنظمةَ المصنعة في الغالب يكون لَها حالةُ متقطعة. و بينما تَتعاملُ محاكاةُ مونتي كارلو مع الزمن المتقطع، تتعامل محاكاةِ نظمِ الأحداث المتقطعة، مع البُعد الزمني المستمر.

		التغيير في حالة النظام	
		نظام مونتي كارلو	نظم الاحداث المتقطعة
الزمن	مستمر	عدد الزبائن في البنك	مستوى الماء من خلف الخزان
	متقطع	المبيعات بنهاية اليوم	قراءات الثرمومتر خلال الأسبوع
تصنيف العمليات التصادفية			

بيانات مخرجات المحاكاة والعمليات التصادفية:

ولإجراء تحليلِ إحصائيٍ لمخرجات محاكاةَ، فإننا نَحتاجُ لتحقيق بَعْض الشروطِ، ومثال على ذلك: مخرجات البيانات يَجِبُ أَنْ تَكُونَ عملية ثابتةِ متغايرة covariance stationary process (ومثال على ذلك: البيانات التي جُمعتْ من خلال إجراء محاولة محاكاة).

العملية الثابتة Stationary Process (ثابتة تماماً strictly stationary):

إن العملية التصادفية الثابتة هي عملية تمثل ب $\{X(t), t \in T\}$, ومن خصائصها أن التوزيع المشتركِ لكُلّ المتجهات ذات البعد h يَبْقى ثابتاً بدون تغيير لقيمة h.

الثابت من الدرجة الأولى: إن العملية التصادفية من الدرجة الأولى, هي العملية X(t) التي يتوقع أن تبْقى بدون تغيير لكُلّ الوقت t.

على سبيل المثال في السلاسل الزمنيةِ الاقتصاديةِ ، فإن العملية تكون ثابتة من الدرجة الأولى, عندما تزال جميع أنواع الاتجاهِ لِبَعْض الآلياتِ مثل الفرق.

الثابت من الدرجة الثانية: ويسمى العملية التصادفية من الدرجة الثانية إذا كانت ثابتة من الدرجة الأولى ومتغاير بين X(t) و X(s) ودالة في t-s فقط.

مرة ثانيةً في مثال السلاسل الزمنيةِ الاقتصاديةِ ، فإن العملية تكون ثابتُة من الدرجة الثانية عندما تثبت التنوع بِبَعْض أنواع التحويلاتِ مثل أَخْذ الجذر التربيعي.

وواضح جدا أن العملية الثابتة هي عملية ثابتة من الدرجة الثانية، والعكس ليس صحيحا.
وفي التحليل الإحصائي لمخرجات المحاكاةِ، فإن الناتج يكون مقبولا إذا كان التغايرُ ثابتاً **covariance stationary**.

المتغاير الثابت **Covariance Stationary:** إن العملية المتغايرة الثابتة, هي عملية تصادفية تمثل ب $\{X(t), t \in T\}$ إذا كان لها لحظاتُ ثانيةُ محدودةُ finite second moments ، وبمعنى آخر: فإن التوقّع $[X(t)]^2$ يَكُون محدودا.

و بشكل واضح، فإن أي عملية ثابتة و محدودةِ من الدرجة الثانيةِ تعتبر متغايرُ ثابتُ. أما العملية الثابتة فَرُبَّما لا يكون لَها لحظةَ محدودةَ مطلقاً.

وبما أن عملية Gaussian تَحتاجُ لمصفوفة التغاير والمتوسط فقط، فإنها ثابتة إذا كانت ثابتة التغاير.

عمليتان ثابتتان متغايرتان :Two Contrasting Stationary Process

إذا كان لدينا عمليتان متصادفتان متتاليَتان:

– إذا كانت السلسلة $Y_0, Y_1, \ldots,$ المستقلة والمُوَزَّعة بشكل متماثل, ولها قيمة متسلسلة عشوائيا عملية ثابتة، و كان توزيعها العام لَهُ تغاير محدود، فإن العملية تعتبر متغايرة ثابتة.

– ليكن Z متغير عشوائي وحيد وله دالة توزيعِ معروفةِ، وليكن .Z.... $Z_0 = Z_1 =$. لاحظ أنه للتحقيق في هذه العمليةِ، فإن العنصر الأول، Z_0 قَدْ يَكُون عشوائيَا و لكن بعد ذلك ليس هناك أي متغير عشوائي. وتكون العملية $\{Zi , i = 0, 1, 2,\ldots\}$ ثابتُة إذا كان ل Z تغاير محدود.

بياناتُ المخرجات في المحاكاةِ التي تقع بين هذين النوعِين مِنْ العمليات.

وتكون نواتج المحاكاةِ متماثلة، ومترابطة بشكل معتدل (كيف هي معتدلة؟ يَعتمدُ ذلك على المثال في نظام الصفوف queueing على كبر حجم كثافة المرور ρ). وكمثال آخر يُمكنُ أَنْ تكُونَ عمليةُ تأخيرِ الزبائنِ في نظام الصفوف.

ما هي المحاكاة الاجتماعية؟

يبَني العلماءُ الاجتماعيونُ دائماً نماذجَ للظواهرِ الإجتماعيةِ. وتعتبر المحاكاة طريقةُ مهمةُ لنمذجة العملياتِ الاجتماعيةِ والاقتصاديةِ. و بشكل خاص، فإن المحاكاة تقدم "طريقاً وسّطاً" بين التَنظير الاستطراديِ الكثير والنماذج الرياضية الصارمةِ التقييديةِ. وهناك أنواع مختلفة مِنْ المحاكاة بالحاسوبِ وتطبيقاتها في المشاكلِ العلميةِ الاجتماعية.

وقد سهلت الأجهزة السريعة والبرامج المُحسَّنة بناء برامج محاكاة معقّدةِ. و يُمكنُ أَنْ تَكُونَ طريقة المحاكاة بالحاسوبِ فاعلةَ لتطويرِ النظرياتِ بالإضافة إلى التنبؤِ. على سبيل المثال تُستَعملُ نماذج الاقتصاد الكلي لتَقليد التغير المستقبلِي في الاقتصادِ؛ والمحاكاة المستعملة في عِلْمِ النفْس لدِراسَة الآلياتِ الإدراكيةِ.

و يَبْدو أن حقل ' المحاكاة الاجتماعية ' قد تابع خَطًّا مثيراَ مِنْ التحقيقِ. وكأسلوب عام في هذا الحقلِ فإن 'العالم يحدّد بتفصيلِ حسابيٍ كبيرِ. ثمّ يحاكى 'العالم (باستعمال الحاسباتِ) لكَشْف بعض النتائج غير البديهية (أَوالخصائص الظاهرة) 'فى العالمِ'. وعندما تكون 'هذه النتائج غيرِ البديهية' مُعلنة (بالتغذية الراجعة) في العالمِ، يبدو أن ذلك يُشكّل 'أضافَة لبعض القِيَم'.

مشروعُ دراسةِ الحياة الاصطناعية هو دراسة متداخلة, الهدفُ منه فَهْم الحياةِ كما ينبغي لها أَنْ تَكُونَ، وفي تَركيب الظواهرِ أشبهُ بالحياةَ في الإلكترونياتِ والكيمياء، والبرامج، وأجهزة الإعلام الاصطناعية الأخرى. و تُعيدُ الحياة الاصطناعيةُ تعريف المفاهيم الاصطناعيةِ والطبيعيةِ، وتُشوّه الحدودِ بين المجالاتِ التقليديةِ, وتقدم أجهزةَ إعلامية جديدةَ، و أفكار جديدةَ إلى أصلِ الحياةِ ومبادئِها.

تَسْمحُ المحاكاةُ لعلماءِ الاجتماع بالتَجْريب في المجتمعات الاصطناعية وباستكشاف نتائج النظرياتِ بطرقِ لم تكن من الممكن في السابق عادةً استكشافها.

8. المحاكاة على الانترنت

المحاكاة على الإنترنت؟

ظهرت المحاكاة على الإنترنت بسرعة كمجال علمي مهم لكل من باحثي المحاكاةِ وممارسيها. هذا الاهتمامِ في المحاكاةِ على الإنترنتِ, هو نمو طبيعي لانتشارِ الشبكة العالميةِ وتقنياتِها المُرافقةِ، ومثال على ذلك تقنيات ال HTML و HTTP و CGI ... إلخ. وقد شجعت الموجة الشعبية، والاعتماد على المحاكاة بالحاسوب أيضاً كأدواتَ لحَلّ المشاكل ونظم دعم القرارِ.

إن ظهور لُغةِ البرمجة المُناسِبة للِشبكةَ Java, و تقنياتِ النظم المُوَزَّعةِ مثل المعماريةِ المشتركةِ (Common Object Request Broker Architecture (CORBA)), وربط الكائنات وتضمينها / ونموذج مكوّنِ الكينونة (Object Linking and Embedding / Component Object Model (OLE/COM)), كَانَ لها تأثيراتُ حادّةُ على حالةِ ممارسةِ المحاكاةِ.

ويهتم الباحثون حالياً في حقلِ المحاكاةِ على الإنترنتِ بالتَعَامُل مع المواضيعِ مثل المنهجياتِ للتطويرِ النموذجيِ على الإنترنتِ، وتطوير النموذج التعاوني على الإنترنتِ، ونمذجة ومحاكاة بلغة ال Java، والنمذجة الموزّعَة, والمحاكاةَ التي تَستعملُ تقنياتَ الويبِ، والتطبيقات الجديدة.

المحاكاة الموزعة والمتوازية:

يَتطلّبُ الحجمُ المتزايدُ للأنظمةِ والتصاميمِ إستراتيجياتَ محاكاةِ أكثرِ كفاءة لتَعجيل عمليةِ المحاكاةَ. و تَبْدو أن المحاكاةِ المتوازية والموزّعَة سيَكُونُ لها مستقبل واعد في هذا الاتّجاهِ. كما أن المواضيع الحالية هي مكان اهتمام الباحثين:

- التزامن، والجدولة، وإدارة الذاكرةِ، والخوارزميات العشوائية والتفاعلية، والتَقسيم و مُوَازَنَة الحملِ.

- التزامن في المحاكاةِ المُوَزَّعةِ في إطار تعدد المستعملينِ، وبيئات الحقيقة الافتراضية، HLA ، و**التشغيل البيني** interoperability .
- نمذجة النظامِ للمحاكاةِ المتوازيةِ، والمواصفات، وإعادة استعمالِ النماذجِ والشفرات، وموازاة المحاكاة الحالية.
- قضايا التطبيقَ واللغةَ، ونماذج المحاكاةِ المتوازيةِ، وبيئات التنفيذ، والمكتبات العامة.
- الدراسات التجريبية والنظرية، والتنبؤ والتحليل، ونماذج الكلفةِ، والعلامات، والدِراسات المقارنة.
- **معمارية الحاسوبِ**، و VLSI، وشبكات الاتصالِ، والتصنيع، والأنظمة الديناميكية، والنظم الحيوية والاجتماعية.
- المحاكاة المُوَزَّعة على الويبُ مثل تطبيقاتِ الأوساطِ المتعددة, و الوقتِ الحقيقيِ، وتَحَمّل الأخطاء، وقضايا التطبيقِ، واستعمالات Java، ومعمارية الوسيط لطلبِ الكائن العام CORBA.

أسئلة تقويم ذاتي

1. اشرح المفاهيم الآتية:
   أ. تقييم الأداء وتحليل ماذا لو
   ب. تقدير الحساسية.
   ج. تحقيق الأمثلة.
2. وضح الفرق بين نظام محاكاة مانتي كارلو, ونظم الأحداث المتقطعة.
3. ما هي المحاكاة الاجتماعية؟.
4. بيّن ماتعلم عن المحاكاة على الإنترنت.
5. صف المحاكاة الموزعة والمتوازنة.

الخلاصة

عزيزي الدارس ، كما درست, علمت أن المحاكاة تعني تقليد شيء ما, أو إيجاد شبيه أو مثيل لذلك الشيء, أما النمذجة فهي نموذج مصغر من الأصل مثل مجسم عمارة, أو طائرة, أو قطار...إلخ. ودراسة النمذجة والمحاكاة تمكن من ملاحظة أثر التغييرات في سلوك الأنظمة, حيث يمكن تحسين النظام, أو اكتشاف مظاهر القوى أو الضعف, وكذلك معرفة الكيفية التي تتفاعل بها تلك المتغيرات، فهي أنظمة تصلح كأداة تعليمية, وتستخدم كذلك التجربة التصاميم الجديدة, والتأكد من صحة الحلول التحليلية للنماذج الرياضية لأي نظام يتكون من أربعة عناصر وهي: المكونات، والمتغيرات، والعناصر، والعلاقات.
تصنف النماذج الرياضية إلى نماذج حتمية, والنماذج التصادفية, والنماذج الثابتة, والنماذج الحركية.

النماذج كثيرة ومتعددة, وكذلك الاستخدامات والاختيارات المناسبة, تخضع لبعض المعايير العامة الواجب توافرها في البرمجة, مثل سهولة الإدخال، والمعالجة التي تسمح بإدخال بعض البرامج، وقابلية تحقيق الامثلية، وسهولة المخرجات، وبيئة مضمونة للندريب, وخدمات الإسناد وقابلية تحليل البيانات الإحصائية للمدخلات والمخرجات, وكذلك عامل التكلفة المناسبة.

أنواع النماذج التي يمكن محاكاتها عند وجود عاملين يحددان كفاءة النظام وهما: الحدث والزمن, وهنالك أربع حالات وهي: حدث مستمر (متصل), وزمن مستمر وحدث متقطع، وزمن متقطع وحدث متقطع، وزمن منتقطع وحدث مستمر, وهذا الأخير نادراً مايحدث وليس مرغوباً فيه في الواقع.

صياغة المشكلة تتطلب أن:

1/ تميز المدخلات الموجهة, وغير الموجهة الخارجة عن السيطرة.

2/ تميز القيود على متغيرات القرار.

3/ تعريف مقياس اداء النظام والدالة الهدف, بذا يمكن تطوير تركيب نموذجي تمهيدي لربط المدخلات وقياس الأداء.

4/ جمع البيانات وتحليلها, والأمر متبادل بين الدقة والكلفة. فإن تطوير نموذج محاكاة يتطلب الفهم الكافي لنظام التطوير, نظام منطقي وتصوري ملائم بين النظام بالطريقة الصحيحة, وقابل للخصخصة لتتحقق في الواقع, الى جانب التحقق والتحديد, وتحليل المدخلات والمخرجات, وتقييم الأداء وتحليل ماذا لو وتقدير الحساسية.

أما موضوع المحاكاة الموزعة والمتوازية لها اهتمام ومستقبل واعد, حيث ظهرت أمام الباحثين موضوعات مثل التزامن, والجدولة, وإدارة الذاكرة, والخوارزميات العشوائية والتفاعلية, والتقسيم وموازنة الحمل. ويبدو ان ظهور المحاكاة على الإنترنت بطريقة سريعة كمجال علمي مهم نسبة لنمو طبيعي لانتشار الشبكة العالمية وتقنياتها المرافقة, مثل ظهور لغة البرمجة المناسبة للشبكة مثل(Java), وتقنيات النظم الموزعة مثل المعمارية المشتركة, ونموذج مكوّن الكينونة, وظهرت المنهجيات للتطوير النموذجي على الإنترنت وغيرها. في الختام نتمنى لك التوفيق في دراسة الوحدة التالية.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

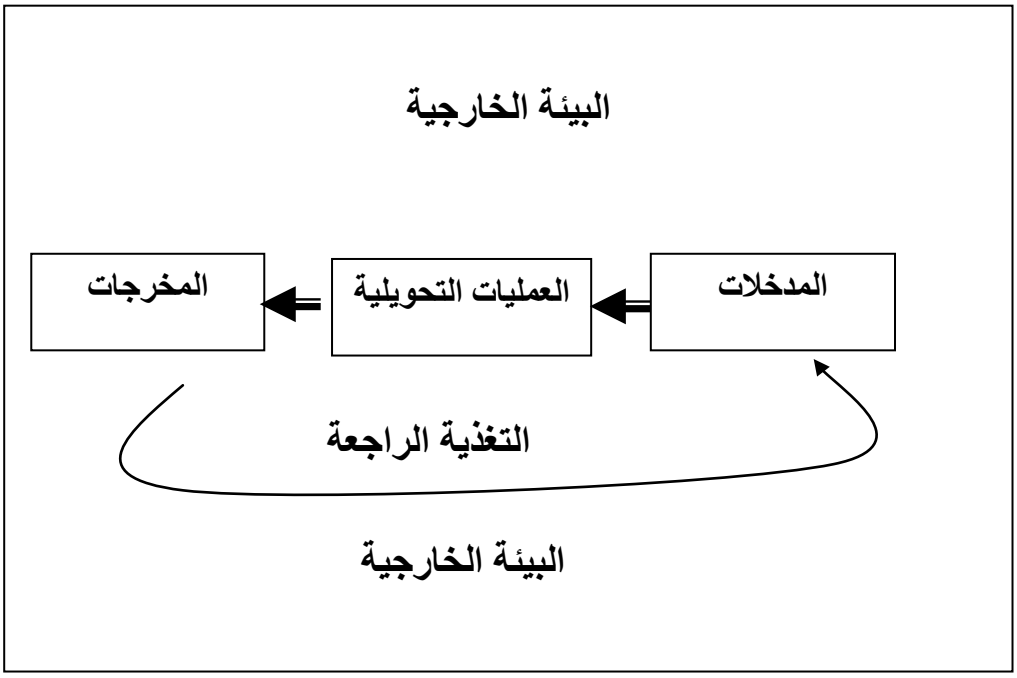
عزيزي الدارس، سندرس من خلال الوحدة التالية أمثلة النمذجة والمحاكاة, وبها محاكاة أنظمة الاصطفاف لصف وحيد القناة, ونظام ابل– بيكر ونظام جرد المخزون.

إجابات التدريبات

تدريب(1):

النظام المفتوح هو عبارة عن أجزاء تعمل في تناسق من أجل تحقيق أهداف النظام, وإذا اختل أي جزء من أجزاء النظام, فإن هذا الخلل سيؤثر على جميع أجزاء النظام.

عناصر النظام المفتوح



مسرد المصطلحات

- **الكينونة: Entity**

أي شيء يوجد في النظام فهو كائن, ويسمى بالكينونة أو الكيان, فهي أشياء تمر من خلال النظام مثل السيارات في المصنع.

- **الصفة: Attribute**

وتمثل خاصية الكائن التي يتميز بها عن غيره.

- **النشاط: Activety**

هو العمل الذي يتم في فترة ذات طول محدد.

- **الحدث: Event**

هو واقعة لحظة تغير من حالة النظام, أو حدوث تغيير في نقطة زمنية قد تغير في حالة النظام, مثل وصول زبون أو بداية العمل.

- **النماذج الرياضية: Mathematical Model**

النماذج الرياضية لأي نظام تتكون عادة من أربعة عناصر:

أ/ المكونات: ويجب أن تعبر بصورة كبيرة عن طبيعة النظام.

ب/ المتغيرات: وتربط المكونات مع بعضها فهي ثلاثة متغيرات خارجية ومتغيرات الحالة, ومتغيرات داخلية.

ج/ المعلمات: أو العناصر فهي العوامل التي تؤثر في أداء التجربة.

د/ العلاقة الوظيفية: فهي تستخدم لتحديد وتوليد سلوك النظام .

- **النماذج الحتمية :Deterministic**

هي نماذج لا تتغير بصورة عشوائية ولها علاقة واضحة غير مبنية على الاحتمالات.

- **النماذج التصادفية**

هي أكثر تعقيداً من النماذج الحتمية, وهي تحتوي على دالة احتمال, مثل نظام اصطفاف, ومزود خدمة يقوم بسحب مستخدم واحد كل مرة. والنظام يمكن أن يكون حقيقة أو نظرية، والزمن إما سابق, أو الآن أو في المستقبل.

- **النماذج الثابتة: Static Model**

يعتمد النموذج على الثوابت, وأن الحلول تنتج بصورة تحليلية مباشرة بدون استخدام المحاكاة, ولا يستخدم المتغيرات صراحة.

- **النماذج الحركية: Dynamic Model**

هي نماذج رياضية تتعامل مع الزمن المتغير, وتُعنى بالحدث وبين ماقبل الحدث ومابعده, وتتم بحركة الحدث داخل النظام, وتعامل مع دورة النظام.

- **المتغير العشوائي: Random Variable**

يعبر عن كمية أو زمن ومتغير مجهول, مثل عدد الأجزاء التالفة من شحنة ما.

- **تحليل ماذا لو: What-if Analysis**

يُستخدم في ماذا يحدث من أثر التغييرات في مدخلات النموذج أو مخرجاته, عند إدخال وحذف متغير ما. أو تعديل سياسة ما, أو غير ذلك من المتغيرات.

المصادر و المراجع

المراجع العربية

1. التميمي حسين عبد الله، **إدارة الإنتاج والعمليات**، (مدخل كمي)، الطبعة الأولى، دار الفكر، عمان1997م.
2. حزوري نعيم التخطيط **والرقابة في المشروع**، منشورات جامعة حلب، حلب1990م.
3. حسن عادل، تخطيط **ومراقبة الإنتاج**، مركزالإسكندرية للكتاب، الإسكندرية1995م.
4. رجب عادل **إدارة الإنتاج**، منشورات جامعة حلب، حلب1986م.
5. الزعبي فايز **الرقابة الإدارية في منظمات الأعمال**1995م.

المراجع الأجنبية

1. J.banks J.Carson and B Nelson. Discrete -Event System Simulation Third Edition Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey .USA.
2. MS Obaidat Simulation of Queueing Models in Computer Systems in Queueing Theory and Applications (S Ozekici Ed) pp.111-151 Hemisphere NY 1990 .
3. O Al-Jayoussi and B Sadoum: Simulation and optimization of an Irrigation System. Proceedings of the 1998 Summer Computer Simulation Conference SCSC :98 The Society for Computer Simulation International pp 425-430 Reno Nevada July 1998 .
4. M.S Obadiah (Guest Editor) Special Issue on Performance Modeling and **S**imulation of ATM System and Networks: Part II Vol 78 No 4 April 2002.
5. R Jain the Art of computer systems Performance Analysis Techniques for Experimental Design Measurement Simulation and Modeling Wiley-Interscience New York NY April 1991.
6. F E Cellier .Continuous System Modeling .Springer-Verlag .1991
7. M.Kirschnick .The Performance Evaluation and Prediction System for Queueing Networks PEPSY –QNS University of

Erlangen –Nuremberg Institute For Mathematics Maschinen and Datenverarbritung IV Teech Report TR -14-94-18.Jun 1994.

8. D G Feitelson and M a Jete: Improved Utilization and Responsiveness with Gang Scheduling in Scheduling Strategies for Parallel Processing Lecture Note in Computer Science D G Feitelsin and L Rudolph (Eds) Springer –Verlang Berlin Vol 1291 pp 238-261-1997.
9. SP Dandamudi and H Yu : Performance of Adaptive Space Sharing Processor Allocation Poicies for Distributed –Money Multicomputer . Journal of Parallel and distributed Computer Academic Press Vol -58-pp-109+125-1999.
10. www.mesquite.com (for simulation and modeling)
11. National Instruments : Lab view : system Simulation and Design Toolset www.ni.com .
12. www.google.com.

الوحدة الثانية

أمثلة في النمذجة والمحاكاة



محتويات الوحدة

الموضوع	صفحة
المقدمة	**52**
تمهيد	52
أهداف الوحدة	53
1. عمليات المحاكاة	**54**
1.1 محاكاة أنظمة الاصطفاف	55
2.1 صف وحيد القناة مثال(1)	64
3.1 نظام أبل – بيكر مثال (2)	71
4.1 محاكاة نظام الجرد مثال (3)	74
الخلاصة	**79**
لمحة مسبقة عن الوحدة	**79**
إجابات التدريبات	**80**
مسرد المصطلحات	**81**
المصادر و المراجع	**82**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس؛ هنالك عدة أمثلة على عمليات المحاكاة التي يمكن القيام بها من دون مساعدة مباشرة من جهاز الحاسوب. هذه الأمثلة تقدم طرقاً ومناهج لنمذجة النظم المتقطعة, إضافةً إلى إجراء التحليلات المرتبطة بها. من خلال وضع نماذج للمحاكاة في هذه المرحلة المبكرة من المقرر ، فإن الدارس سوف يصبح قادراً على إدراك الكثير من النقاط التي سترد في الوحدات اللاحقة.

تحتوي هذه الوحدة على قسم رئيس واحد, وبه أربعة أقسام فرعية:

القسم الرئيس: وهو عمليات المحاكاة, وبه يتم تحديد خصائص كل مدخلات عملية المحاكاة وإنشاء جداول المحاكاة, ويتم توليد قيمة مدخلة لكل المدخلات. الفرع الأول سندرس من خلاله محاكاة أنظمة الاصطفاف, و في الفرع الثاني ستجد صف وحيد القناة, وفي الثالث نظام أبل – بيكر وأخيراً محاكاة نظام الجرد.

ستتخلل هذه الوحدة أنشطة وتدريبات وأسئلة تقويم ذاتي, ونختم بالخلاصة واللمحة المسبقة, وإجابات التدريبات, ومسرد المصطلحات ثم المراجع.

والله ولي التوفيق،،،،.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراستك لهذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تفهم عمليات المحاكاة من خلال الأمثلة التي وردت في الوحدة.
2. توضح كيفية محاكاة أنظمة الاصطفاف في حالة صف وحيد القناة .
3. تشرح نظام أبل- بيكر.
4. تبين كيفية محاكاة نظام الجرد.
5. تشرح عملية بويسون وطريقة مربعات المدرج التكراري.

1. عمليات المحاكاة

عزيزي الدارس, عمليات المحاكاة التي تشتمل عليها هذه الوحدة أنجزت استنادا على الخطوات الثلاث التالية:

أولاً: تحديد خصائص كل مدخلات عملية المحاكاة. في كثير من الأحيان يتم التعبير عن هذه الخصائص في شكل توزيعات احتمالية ، سواء متصلة أو منفصلة.

ثانياً: إنشاء جداول المحاكاة. وتختلف هذه الجداول عن بعضها البعض باختلاف أغراض إنشائها. الجدول (1) يعتبر م ثالاً لجدول محاكاة. في هذا المثال هناك ع دد من المدخلات، x_{ij} ، j= 1، 2،...، ن، وهناك نتيجة واحدة، y_i لكل تكرار للعملية: i= 1، 2،...، n.

ثالثاً: لكل تكرار i يتم توليد قيمة مدخلة لكل المدخلات التي عددها N، وحساب الدالة ومن ثم النتيجة y_i ،. هذه الخطوة تجرى استنادا على عينات قيم من التوزيعات التي تحدد في الخطوة 1.

جدول(1)

	Inputs						*Response*
Repetitions	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ip}	y_i
1							
2							
3							
.							
.							
.							
N							

تعتبر المحاكاة من الأدوات الناجعة ا لتي يمكن استخدامها لتحليل العديد من المشاكل المعقدة. ومع ذلك، وقبل أن نقرر أن المحاكاة هي الطريقة التي سنستخدمها لحل المشكلة المعنية ، ينبغي بذل كل جهد ممكن لحل المشكلة رياضيا , أو ربما باستخدام

النماذج الرياضية التي طورت لمعالجة مسائل الاصطفاف ، وربما باستخدام النظريات المتبعة في عمليات الجرد وما إلى ذلك.

يمكن أن تستغرق عمليات النمذجة والمحاكاة وقتا طويلا، فإذا ما استخدمنا طرق الحل المغلقة –إن كان ذلك ممكناً– فإنها حتماً ستكون أقل كلفة , مقارنةً بعمليات النمذجةوالمحاكاة.

تشتمل هذه الوحدة على العديد من أمثلة المحاكاة, وكذا الكثير من المشاكل التي تنطوي على محاكاة نماذج الاصطفاف, كما هو مبين في المجموعة الأولى من الأمثلة.

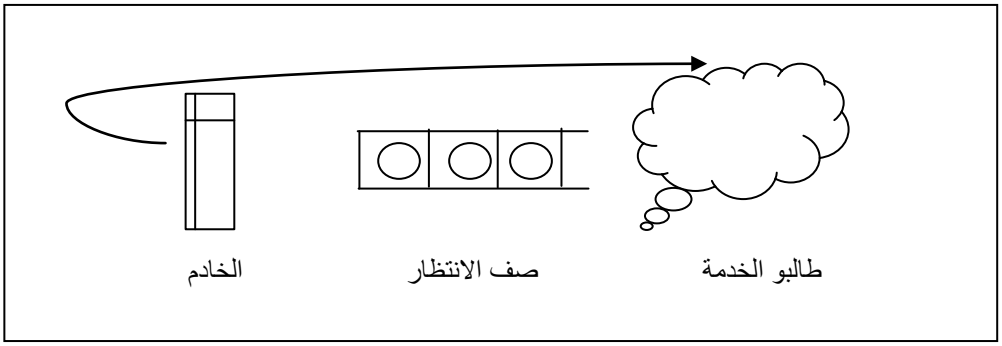
تناقش المجموعة الثانية من الأمثلة المخاوف المتعلقة بـنظم الجرد. أولى هذه الأمثلة ينطوي على مشكلة يمكن حلها كذلك باستخدام طرق الحل المغلقة.

تشتمل هذه الوحدة كذلك على العديد من الأمثلة التي تستحق الاهتمام. الأول يتمثل في مشكلة الوثوقية والاعتمادية, وهي من المجالات التي يمكن أن تلعب فيها النمذجة والمحاكاة دوراً كبيراً. هناك أيضاً مثال يناقش مفهوم التعامل مع الأعداد الطبيعية بصورة عشوائية.

1.1 محاكاة أنظمة الاصطفاف

عادةً ما يتم وصف نظم الاصطفاف استناداً على عددٍ من العوامل التي تشمل المجتمع الذي تخدمه ، مثل طبيعة الوصول ،وطبيعة الخدمة، وسعة النظام ونظام الاصطفاف. يوضح الشكل (1) نظاماً مبسطاً للاصطفاف.

الشكل (1) نظام مبسط للاصطغاف



عزيزي الدارس، يضطلع هذا النظام بخدمة عددٍ لا نهائي, مما يعني أن انضمام وحدةٍ جديدة لصف الانتظار, أو دخولها لوحدة الخدمة, أو خروج وحدة من النظام لاكتمال حصولها على الخدمة, كل ذلك لن يغير في معدل وصول الوحدات الأخرى التي تحتاج إلى هذه الخدمة. إضافةً إلى ما تقدم ، فإن عملية وصول الوافدين من طالبي الخدمة في هذا النظام تحدث بحيث ينضم وافد واحد في اللحظة ذاتها وبطريقة عشوائية. و بعد الانضمام إلى خط الانتظار، فهي تخدم في نهاية المطاف. بالإضافة إلى ذلك فإن أزمان الخدمة لها أطوال عشوائية تعتمد على أحد التوزيعات الاحتمالية. هذا التوزيع الاحتمالي لا يتغير بمرور الزمن. وتتسم هذه الأنظمة بتعداد غير محدود. ونشير إلى أن تعداد النظام يشمل الوحدة التي تخضع للخدمة, إضافةً للوحدات التي تنتظر دورها للحصول على الخدمة. وأخيرا، فإن أغلب خدمة الواصلين تتم استناداً على ترتيب الوصول, إذ إن من يصل أولاً يحصل على الخدمة أولاً. (غالبا ما يطلق عليها First In First Out (FIFO)) من خلال محطة خدمة واحدة أو قناة واحدة.

أما عمليات الوصول والخدمة فتوصف استناداً على توزيعات الفترات الزمنية بين عمليات الوصول وتوزيعات الفترات الزمنية التي تستغرقها عمليات الخدمة. ويجب أن يكون المعدل العام للوصول أصغر من أعلى معدل للخدمة يمكن أن يعمل به النظام. (في بعض أنظمة الاصطفاف والتي يعاود فيها طالبو الخدمة الانضمام للنظام مرةً أخرى، وعلى الرغم من أهمية هذا الشرط إلا أنه ليس كافياً.

عندما يزداد عدد المنتظرين من طالبي الخدمة, فإن النظام يدخل في حالة انفجار, وتسمى أحياناً حالة عدم الاستقرار. ويستثنى من ذلك الحالات التي تزيد فيها قيمة معدل الوصول ليفوق معدل الخدمة, ولكن لفترات زمنية محدودة. بيد أن مثل هذا الوضع أكثر تعقيدا من الحالات التي تتطرق لها هذه الوحدة.

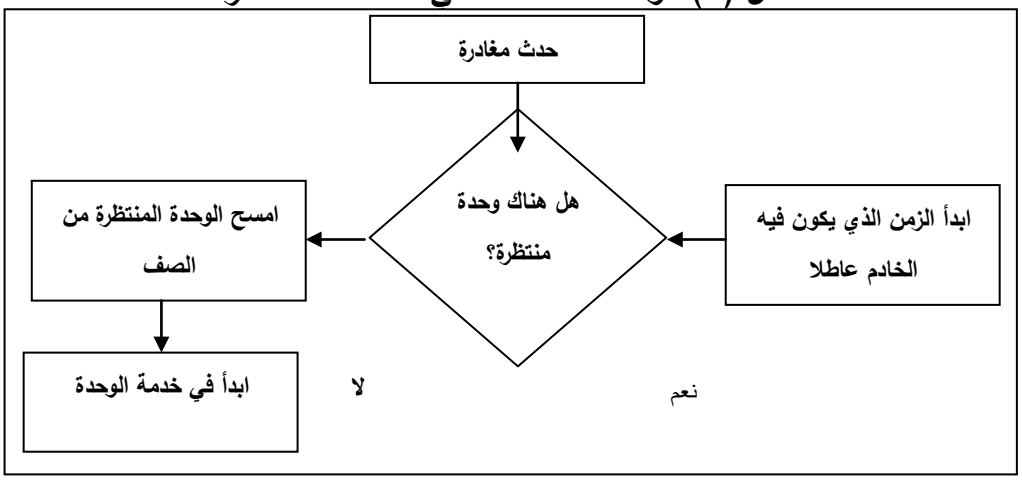
قبل أن نعرض عدداً من أوجه عمليات النمذجة لنظم الاصطفاف، لا بد من شرح عددٍ من المفاهيم مثل: حالة النظام، والأحداث ووقت الساعة.

ويُعنى بحالة النظام عدد الوحدات في النظام, وحالة محطة الخدمة, هل مشغولة أم لا؟. أمّا الحدث فهو عبارة عن مجموعة من الظروف التي تتسبب في تغيير لحظي في حالة النظام. إذا أخذنا في الاعتبار أنظمة الاصطفاف وحيدة القناة, أو تلك التي تخدمها محطة خدمة واحدة، فإن هناك احتمالان (حدثان) يمكن أن يؤثرا على حالة النظام. هذان الحدثان هما: دخول وحدة في النظام (حالة وصول), أو إتمام خدمة على حدة (مغادرة وحدة).

يشتمل نظام الاصطفاف على محطة الخدمة (الخادم)، والوحدة التي تجري خدمتها الآن (تحت الخدمة), إضافةً إلى الوحدات التي تنتظر دورها في صف الانتظار إن وجدت.

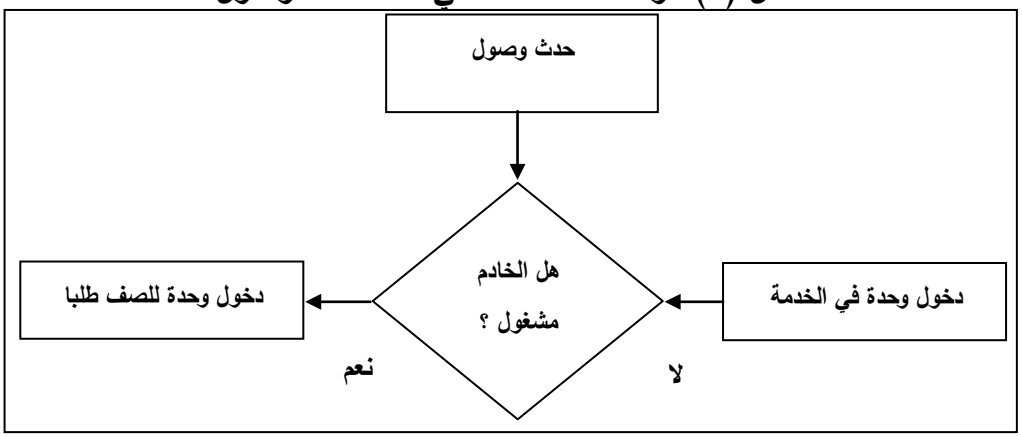
بافتراض أن عملية الخدمة قد اكتملت للتو، فإن عملية النمذجة تتواصل على النحو الموضح في المخطط الانسيابي في الشكل (2),علما بأن حالة الخادم لا تخرج من وضعين محتملين فقط، إما أن يكون مشغولاً أو فارغاً (معطلاً).

شكل (2) الوحدة المحتملة التي تُنفّذُ عند المغادرة



الحالة الثانية تحدث عند دخول وحدة جديدة للنظام, وهو الحدث الذي يعبر عنه المخطط الإنسيابي الموضح في الشكل (3).

شكل (3) الوحدة المحتملة التي تُنفّذُ عند الوصول



جدول (2) الفترات الزمنية بين أوقات الوصول وساعة الأزمنة

وفي هذه الحالة, فإن الوحدة الجديدة (وهي تمثل طالباً جديداً للخدمة), إما أن تجد الخادم عاطلاً أو مشغولاً, وهذا يعني أن هذه الوحدة الجديدة, إما أن تدخل مباشرةً في الخدمة (في حالة أن الخادم عاطلٌ), أو أن تنضم لصف منتظري الخدمة (في حالة أن الخادم مشغولٌ). ونشير إلى أنه من غير الممكن أن يكون الخادم عاطلاً في وجود منتظرين. هذه الحالة تعبر عنها الخطوات في الشكل 4.

الشكل (4)

		حالة الصف	
مخرجات الخادم	مشغول	غير فارغ	فارغ
	عاطل	مستحيل	دخول الصف
		دخول الصف	دخول الصف

بعد الانتهاء من الخدمة, فإن الخادم قد يصبح عاطلا، أو أن يظل مشغولا بخدمة الوحدة القادمة. العلاقة بين ه اتين النتيجتين لوضع الصف يبينها الشكل (5). إذا كان

الصف مشتملاً على منتظرين (ليس فارغاً), فإن إحدى الوحدات المنتظرة ستدخل الخدمة, وسيصبح الخادم مشغولاً. أما في حالة كون الصف فارغاً, فإن الخادم وبعد إكمال خدمته سيصبح عاطلاً. هذان الاحتمالان توضحهما الأجزاء المظللة في الشكل (5). فمن المستحيل أن يصبح الخادم مشغولاً , إن كان الصف فارغاً لحظة إنجاز الخدمة. وبالمثل، فمن المستحيل أن يكون الخادم عاطلاً في ظل وجود وحدات في صف الانتظار.

الشكل (5) نتائج الخادمِ بعد إكمالِ الخدمةِ

		حالة الصف	
		غير فارغ	فارغ
مخرجات الخادم	مشغول		مستحيل
	عاطل	مستحيل	

الآن، كيف يمكن أن نعبر عن الأحداث أعلاه في سياقها الزمني استناداً على النمذجة؟ تتطلب عمليات المحاكاة الخاصة بنظم الاصطفاف إنشاء قائمة أحداث لتحديد ما سيحدث في الخطوة التالية. كذلك فإن قائمة الأحداث تحدد أزمان حدوث أنواع الأحداث المختلفة التي تحدث لكل وحدة في النظام. ويتم تسجيل هذه الأزمان التي ت مثل وقوع الأحداث. في عمليات المحاكاة، عادة ما تحدث الأحداث بصورة عشوائية. هذه العشوائية تعبر عن الحياة الواقعية, وتعكس حالة عدم اليقن من حدوثها.

على سبيل المثال، ليس معروفا بشكل مؤكد متى سيصل الزبون القادم إلى طاولة السداد في بقالة. أو كم من الزمن سيستغرقه موظف البنك لإكمال عملية تحويل.

يمكن التعبيرعن العشوائية اللازمة لتقليد الحياة الحقيقية من خلال استخدام "الأرقام العشوائية. وتوزع هذه" الأرقام العشوائية بصورة متوازنة ومستقلة للفترة الزمنية (0، 1).

أما الأ رقام العشوائية فهي موزعة بصورةٍ متوازنة على المجموعة (0، 1، 2،...، 9). و يمكن استخدام هذه الأرقام العشوائية لتشكيل أعداد عشوائية عن طريق اختيار عدد من الأرقام الصحيحة لكل عدد عشوائي , ووضع العلامة العشرية إلى اليسار من القيمة المختارة. ويعبر عدد الأرقام المستخدمة عن مدى دقة البيانات التي تستخدم لأغراض

الإدخال. فإذا كانت التوزيعات التي تستخدم في تمثيل عملية الإدخال تستخدم قيماً معبراً عنها لموضعين عشريين, إذا كان توزيع المدخلات له قيمه مع رقمين عشريين، رقمين تؤخذ عشوائيا من أرقام الجدول (مثل الجدول A.1)، والعلامة العشرية يوضع إلى اليسار لتشكيل عدد عشوائي.

الأرقام العشوائية يمكن أن تولد وذلك باستخدام مجموعة من الإجراءات, وفي هذه الحالة يشار إليها بالأرقام العشوائية الزائفة. و نظراً لإلمامنا بطريقة توليد الأرقام عشوائياً, فإنه من الممكن معرفة تسلسل الأرقام قبل إجراء عملية المحاكاة.

في نظم الاصطفاف وحيدة ال قناة، فإن الأزمان البينية لوصول طالبي الخدمة inter-arrival Times, وكذا الفترات الزمنية التي ستستغرقها عمليات الخدمة Service Times, يمكن توليدها من التوزيعات الخاصة بهذه المتغيرات العشوائية . الأمثلة التالية تبين كيف ولدت مثل هذه الأوقات. بغرض التبسيط، نفترض أن الأزمان البينية لوصول طالبي الخدمة هي القيم التي نحصل عليها بعد إلقاء حجر النرد خمس مرات وتسجيل الوجه. الجدول (4) يتضمن مجموعة من خمس ة أزمان بينية مولدة بهذه الطريقة. هذه الأزمان الخمسة, تعبر عن وصول ستة من طالبي الخدمة للنظام.

نفترض أن طالب الخدمة الأول يصل في بداية الزمن t=0 و يصل الثاني لاحقاً بعد مضي وحدتي زمن, والسادس بعد مضي ست وحدات من الزمن وهكذا.

الزمن الآخر الذي يستحق الاهتمام هو زمن تقديم الخدمة. الجدول (2) يوضح أزماناً للخدمة ولدت عشوائياً استناداً على توزيع أزمان الخدمة. أزمان الخدمة الممكنة تتراوح فقط بين وحدة زمنية واحدة إلى أربع وحدات. وبافتراض أن القيم الأربع لها نفس الفرص في الظهور, فبالإمكان توليدها عشوائياً باستخدام طريقة القبعة, حيث يمكن كتابة القيم الأربع (1,2,3,4)على أوراق, ثم نقوم بسحب ورقة في كل مرة مع إعادتها بعد تسجيل قيمتها, وذلك لتحديد زمن الخدمة.

جدول رقم(2) أزمان الخدمة المولدة عشوائيا

الزبون	زمن الوصول البينية	توقيت زمن الوصول
1	-	0
2	2	2
3	4	6
4	1	7
5	2	9
6	6	15

الآن يجب أن نمزج الأزمان البينية لوصول طالبي الخدمة مع أزمان الخدمة, حتى نتمكن من محاكاة سلوك نظام الاصطفاف وحيد القناة. وكما هو موضح في الجدول 4, فإن أول واصل يصل في بداية الزمن t=0 ويشرع النظام في خدمته مباشرةً ,الأمر الذي يستغرق وحدتي زمن. تكتمل خدمة هذا الواصل الأول بعد وحدتين. يصل الواصل الثاني بعد وحدتي زمن t=2 وتنتهي خدمته بعد انقضاء ثلاث وحدات زمنية t=3. ونلاحظ أن الواصل الرابع يصل بعد انقضاء سبع وحدات زمنية t=7 ولكن خدمته لن تبدأ إلا عند وحدة الزمن التاسعة t=9, والسبب في ذلك أن الواصل الثالث لا تنتهي خدمته إلا عند الوحدة التاسعة t=9.

جدول (3)

زمن الخدمة	الزبون
2	1
1	2
3	3
2	4
1	5
4	6

الجدول 4 صمم خصيصاً ليعكس نظاماً للاصطفاف ذا قناةٍ واحدة يقوم بخدمة الواصلين حسب أسبقية وصولهم, (من يصل أولاً يحصل على الخدمة أولاً) ويقوم بتتبع أزمان حدوث الأحداث المختلفة. يحوي العمود الثاني من الجدول أزمان وصول طالبي الخدمة و يحوي العمود الأخير أزمان مغادرتهم بعد اكتمال حصولهم على الخدمة.

جدول(4)

رقم الزبون	زمن الوصول	بداية زمن الخدمة	زمن الخدمة (الفترة)	انتهاء زمن الخدم
1	0	0	2	2
2	2	2	1	3
3	6	6	3	9
4	7	9	2	11
5	9	11	1	12
6	15	15	4	19

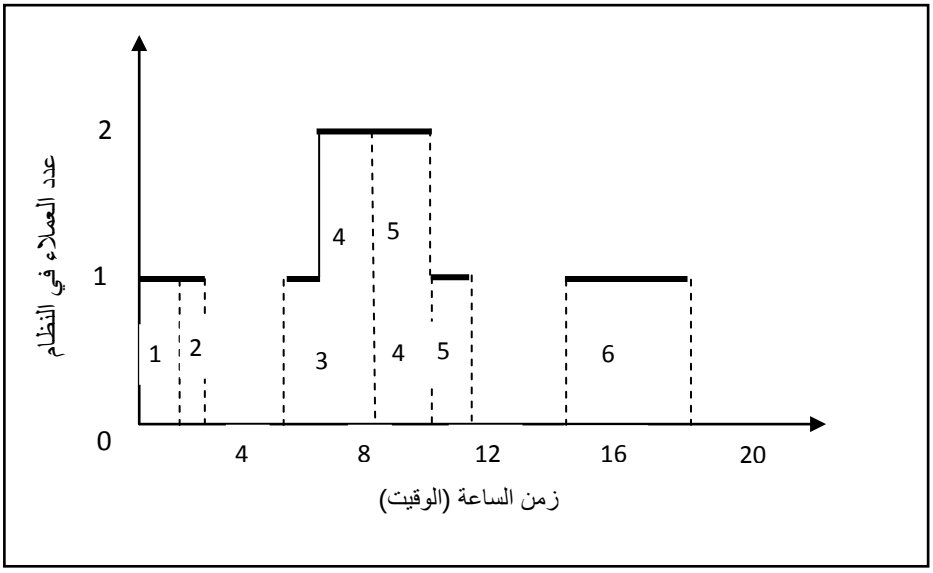
يبين الجدول رقم (5) و الشكل (6) وقوع هذين النوعين من الأحداث في تسلسل زمني.

جدول (5)

نوع الحدث	رقم الزبون	زمن الموقت
وصول	1	0
مغادرة	1	2
وصول	2	2
مغادرة	2	3
وصول	3	6
وصول	4	7
مغادرة	3	9
وصول	5	9
مغادرة	4	11
مغادرة	5	12
وصول	6	15
مغادرة	6	19

وتجدر الإشارة إلى أن الجدول (5) مرتب على أساس الزمن وفي هذه الحالة، فإن الأحداث لا ترتب بالضرورة بذات ترتيب الواصلين من طالبي الخدمة. وهذا الترتيب المتسق للأحداث, يعتبر أساساً لمناهج نمذجة الأحداث المتقطعة.

الشكل (6)



الشكل (6) يوضح عدد المستخدمين في النظام في الأوقات المختلفة. ويعكس صورةً مجسدة لقائمة الأحداث التي يمثلها الجدول(5). فالمستخدم الأول موجود في النظام منذ الزمن t=0 وحتى الزمن t=2. المستخدم الثاني وصل إلى النظام عند الزمن t=2 وغادره عند الزمن t=3. ظل النظام فارغاً منذ الزمن t=3 والزمن t=6. في بعض الفترات استضاف النظام مستخدمين اثنين في آنٍ واحد. فمثلاً عند الزمن t=8 كان المستخدمان الثالث والرابع موجودين في النظام جنباً إلى جنب. أيضاً هناك بعض الأوقات التي شهدت أحداثاً متزامنة. على سبيل المثال شهد الزمن t=9 وصول المستخدم الخامس ومغادرة المستخدم الثالث.

المثال (1) يعبر عن التفصيلات الواردة أعلاه مع مراعاة بعض الخصائص الخاصة به. المثال (2) يعالج نظاماً للاصطفاف به قناتان. وتختلف الخرائط التدفقية الخاصة بأنظمة الاصطفاف عديدة القنوات قليلاً عن رصيفتها وحيدة القناة.

2.1 صف وحيد القناة مثال (1)

بقالة صغيرة لها طاولة سداد واحدة. يصل الزبائن لهذه الطاولة بصورةٍ عشوائية, وبفروق زمنية بينية تتراوح بين دقيقة واحدة وثماني دقائق, ولكل هذه الفروق الزمنية نفس احتمالات الظهور كما هو موضح في الجدول 6.

جدول (6) توزيع الزمن بين القادمين

الرقم العشوائي المحدد	الاحتمال التراكمي	الاحتمال	الزمن بين الوصول(بالدقائق)
001-125	0.125	0.125	1
126-250	0.250	0.125	2
251-375	0.375	0.125	3
376-500	0.500	0.125	4
501-625	0.625	0.125	5
626-750	0.750	0.125	6
751-875	0.875	0.125	7
876-000	1.000	0.125	8

أسئلة تقويم ذاتي



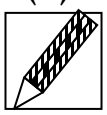
1. هل يمكن القيام بعمليات المحاكاة بدون مساعدة مباشرة من جهاز الحاسوب؟.
2. عمليات المحاكاة تشتمل على ثلاث خطوات متتالية، وضح واشرح.
3. بين كيفية محاكاة أنظمة الاصطفاف.

وتتراوح أزمان خدمة الزبائن بين دقيقة وست دقائق, وذلك بالاحتمالات الموضحة في الجدول (7). المطلوب تحليل النظام بنمذجة وصول وخدمة عشرين من الزبائن.

جدول (7) توزيعِ زمن الخدمة

الرقم العشوائي المحدد	الاحتمال التراكمي	الاحتمال	زمن الخدمة (بالدقائق)
01-10	0.10	0.10	1
11-30	0.30	0.20	2
31-60	0.60	0.30	3
61-85	0.85	0. 25	4
86-95	0.95	0.10	5
96-00	1.00	0.05	6

تدريب (1)



اقرأ الشكل "7" جيداً المطلوب شرح محتوى هذا الجدول.

وفي الواقع فإن عشرين زبوناً يعتبرون عدداً ضئيلاً لإجراء نمذجةً تفضي إلى نتائج تترتب عليها قرارات وخلاصات نهائية. وذلك لأن دقة النتائج تعتمد على حجم العينة موضوع الدراسة. مهما يكن من أمر فإن الغرض من هذا المثال يتمثل في توضيح كيفية القيام بمحاكاة يدوية لا أن نتقدم بمقترحات تعديل في تفصيلات النظام المطبق. جانب آخر يتمثل في الحالة الابتدائية للنظام. إذ إن افتراض أن النظام ابتداءً كان خالياً من الزبائن لا يعبر عن واقع الحال, إلا إذا كان الأمر متصلاً بمحاكاة سلوك النظام منذ بدايته, أو كان متصلاً بتتبع سلوك النظام طلباً للوصول إلى حالةِ تشغيل مستقرة. ونظراً لتركيزنا على البعد التعليمي لهذا المثال, فإننا نتغاضى عن الشروط الابتدائية.

نحتاج إلى مجموعة من القيم العشوائية متماثلة التوزيع لتمثيل عمليات الوصول إلى طاولة السداد. ولهذه الأعداد العشوائية الخصائص التالية:

1. **تتوزع هذه القيم العشوائية** بصورةٍ متماثلة بين القيمتين 0, 1.
2. **القيم العشوائية المتتالية** مستقلة عن بعضها البعض.

كما ذكر سابقا، فإن هذه القيم العشوائية متماثلة التوزيع يمكن توليدها بوسائل عديدة. بالإضافة لما تقدم فقد أعدت جداول مشتملة على أرقام عشوائية للإفادة منها في إنتاج قيم عشوائية في هذا المثال.

ويتم تحويل الأرقام العشوائية إلى قيمٍ عشوائية بوضع الفاصلة العشرية في موضعٍ مناسب. وفي هذه الحالة فإن قيماً مشتملةً على ثلاثة مواضع عشرية ستكون كافية.

هذا المثال يتطلب استخدام 19 قيمةً عشوائية لتمثيل الفترات الزمنية البينية لوصول الزبائن العشرين.

العمودان الأخيران في الجدولين (6) و(7) استخدما لتوليد عمليات وصول عشوائية وأزمان خدمة عشوائية كذلك. فيما اشتمل العمود الثاني في كل جدول على الاحتمال التراكمي للتوزيع. ويشتمل العمود الأول على تحديد القيمة العشوائية المناظرة لكل حالة من الفترات الزمنية بين أوقات الوصول وكذلك أزمان الخدمة.

وبالرجوع إلى جدول (6) نجد أن القيمة العشوائية الأولى التي تعبر عن أن المسافة الزمنية بين وصول حدثين متتاليين تساوي دقيقة واحدة قد حددت لها القيم المحصورة بين 001 و ,125 أما القيمة العشوائية الثانية وهي تعبر عن مسافة زمنية قدرها دقيقتان فقد حددت لها القيم المحصورة بين 126 و 250. وهكذا يتم توليد 19 قيمة لتمثيل هذه الفترات الزمنية البينية لوصول الزبائن, باستخدام قيم مكونة من ثلاثة مواضع مأخوذة من الجدول A1, وهو جدول خاص لتوليد الأرقام العشوائية، ويتم مقارنتها مع الأرقام العشوائية المحددة من الجدول رقم 6.

ومن الممارسات الجيدة أن نبدأ في موقع عشوائي في جدول الأرقام العشوائية، والمضي قدما في اتجاه منهجي، وليس من المحمود تكرار استخدام ذات النهج, وبدلاً عن ذلك يفضل استقاء قيم جديدة من الجدول بمنهجٍ جديد . إذ أن استخدام نفس النمط المستخدم بشكل متكرر يمكن أن يؤدي إلى تحيز يتسبب في تشابه النتائج, وهو أمر قد لا يعكس طبيعة النظام الفعلي.

جدول (8) تحديد الزمن بين الواصلين

الزبون	الرقم العشوائي	الزمن بين أوقات الوصول (الدقيقة)	الزبون	الرقم العشوائي	الزمن بين أوقات الوصول (الدقيقة)
1	-	-	11	109	1
2	913	8	12	093	1
3	727	6	13	607	5
4	015	1	14	738	6
5	948	8	15	359	3
6	309	3	16	888	8
7	922	8	17	106	1
8	753	7	18	212	2
9	235	2	19	493	4
10	302	3	20	535	5

الجدول (8) يحوي قيم الفترات الزمنية البينية التي تم تحديدها. ويمكن ملاحظة أن القيمة الأولى في الجدول هي 913 , ولتحديد الزمن الذي يناظرها نعود للجدول (6) في عموده الرابع؛ لنجد أن القيمة المناظرة من العمود الأول في ذات الجدول هي 8 دقائق.

الجدول (8) يوضح أزمان الخدمة للزبائن العشرين. وقد ولدت هذه الأزمان بذات الطريقة الموضحة أعلاه, مع الاستعانة بالجدول(7). على سبيل المثال نجد أن خدمة الزبون الأول تستغرق 4 دقائق, ذلك أن القيمة العشوائية 84 تقع في الفترة 61-85 ,وهي الفترة التي تقابل الزمن 4.

جدول (9) توليد أزمان الخدمة

الزبون	زمن الوصول	زمن الخدمة	الزبون	زمن الوصول	زمن الخدمة
1	84	4	11	32	**3**
2	10	1	12	94	**5**
3	74	4	13	79	**4**
4	53	3	14	05	**1**
5	17	2	15	79	**5**
6	79	4	16	84	**4**
7	91	5	17	52	**3**
8	67	4	18	55	**3**
9	89	5	19	30	**2**
10	38	3	20	50	**3**

ويمثل جدول المحاكاة خلاصة عملية النمذجة اليدوية. وتعبر هذه الجداول عن وضع النظام الحالي, كما يمكن تدعيمها للإجابة على الأسئلة المطروحة. الجدول (10) يمثل جدول المحاكاة لهذه المسألة, الذي يعتبر امتداداً لنوع الجداول التي سبق التعامل معها من خلال الجدول (4).

يفترض أن يصل أول زبون في الوقت 0. وتبدأ الخدمة على الفور وتنتهي في الوقت 4, حيث يمكث هذا الزبون في النظام لمدة 4 دقائق. الزبون الثاني يصل في الوقت 8. وهكذا فإن الخادم (الشخص الجالس على طاولة السداد), ظل عاطلاً لمدة 4 دقائق. وبالانتقال مباشرةً إلى الزبون الرابع, نجد أن هذا الزبون قد وصل في الوقت 15 بينما بدأت خدمته في الوقت 18, مما يعني أنه اضطر للانتظار لمدة 3 دقائق. وتتواصل هذه العملية لجميع الزبائن العشرين.

ويمكن حساب الزمن الكلي للخدمة, وكذا الزمن الكلي الذي يمكثه الزبائن في النظام, إضافةً إلى الزمن الذي ظل فيه الخادم عاطلاً, وزمن انتظار الزبائن. يمكن تلخيص بعض النتائج التي ترتبت على هذه العملية القصيرة للنمذجة على النحو التالي:

1. متوسط زمن الانتظار في الصف يساوي 2.8 دقيقة. وهو ناتج من قسمة زمن الانتظار الكلي (وقيمته 56 دقيقة)على عدد الزبائن (20 زبوناً).
2. احتمال الانتظار ويساوي 0.65 ويعطى من قسمة عدد الزبائن الذين اضطروا للانتظار (وعددهم 13) على العدد الكلي للزبائن (20 زبوناً) .
3. احتمال أن يكون الخادم عاطلاً ويساوي 0.21 , ويحسب من قسمة الزمن الكلي الذي ظل خلاله الخادم عاطلاً على الزمن الكلي الذي استغرقته عملية النمذجة.
4. ويمكن كذلك حساب احتمال أن يكون الخادم مشغولاً ,وهو الاحتمال المكمل لهذا الاحتمال (أن يكون الخادم عاطلاً) ويساوي 0.79 .
5. متوسط زمن الخدمة ويساوي 3.4 دقيقة, ويحسب من قسمة زمن الخدمة الكلي (68 دقيقة) على العدد الكلي للزبائن (20 زبوناً).

متوسط طول الفترة الزمنية بين أزمان الوصول يساوي 4.3 دقيقة, ويحسب من قسمة مجموع الفترات الزمنية بين أزمان الوصول (82 دقيقة) على عدد الزبائن ناقصاً واحداً (19 زبوناً). هذه النتيجة يمكن مقارنتها بالزمن المتوقع بين أزمان الوصول والذي يمكن الحصول عليه من القيمة المتوسطة للقيم المتقطعة متماثلة التوزيع, والتي قيمها النهائية 1 و 8 وبالتالي, فإن القيمة المتوسطة تعطى بجمع هاتين القيمتين والقسمة على اثنين وتساوي 4.5 دقيقة.

6. القيمة المتوقعة للفترات الزمنية أعلى بقليل من القيمة المتوسطة. ومع ذلك، كلما كان زمن المحاكاة أطول كلما اقتربت القيمة المتوسطة من القيمة المتوقعة.
7. متوسط زمن الانتظار للمنتظرين يساوي 4.3 دقيقة, ويتم حسابها بقسمة زمن الانتظار الكلي للزبائن الذين انتظروا (56 دقيقة) على عددهم (13 زبوناً).
8. متوسط زمن بقاء الزبون في النظام ويبلغ 6.2 دقيقة, ويحسب بقسمة الزمن الكلي الذي يقضيه الزبائن في النظام (124 دقيقة) على العدد الكلي للزبائن (20 زبوناً).

ويمكن مقارنة هذه النتيجة مع الزمن المتوقع لإكمال الخدمة, وذلك بإيجاد المتوسط من توزيع أزمان الخدمة باستخدام المعادلة:

$$E(s) = S1*P1+S2*P2+S3*P3+S4*P4+S5*P5+S6*P6$$

حيث $E(s)$ الزمن المتوقع لإكمال الخدمة, و S تمثل زمن الخدمة, و P هي الاحتمال المناظر للزمن S.

وبتطبيق هذه المعادلة على التوزيع الوارد في الجدول (6), فإن متوسط زمن الخدمة يعطى بالعلاقة:

$$E(s)=1(0.1)+2(0.2)+3(0.3)+4(0.25)+5(0.1)+6(0.05) = 3.2 \text{ minutes.}$$

الوقت المتوقع لخدمة أقل قليلا من متوسط زمن الخدمة في المحاكاة. كلما كان زمن المحاكاة أطول اقتربت القيمة المتوسطة من القيمة المتوقعة.

ويمكن إيجاد متوسط بقاء الزبائن بطريقةٍ أخرى تتمثل في حساب مجموع متوسط زمن الخدمة (3.4 دقيقة), ومتوسط زمن الانتظار –لكل المستخدمين– (2.8 دقيقة). وبجمع القيمتين نحصل على 6.2 دقيقة, وهي ذات النتيجة التي حصلنا عليها أعلاه.

عادةً ما يهتم صانعو القرار بمثل هذه النتائج, خاصةً إذا استخدمت عمليات المحاكاة الطويلة الشيء الذي من شأنه الارتقاء بمستوى دقة النتائج.

هناك الكثير من الاستنتاجات الموضوعية التي يمكن الخروج بها عند هذه المرحلة.

جدول (10)جدول النمذجة لمسألة نظام الاصطفاف

رقم الزبون	الزمن من لحظة آخر وصول(الدقيقة)	زمن الوصول	زمن الخدمة (الدقيقة)	بداية زمن الخدمة	انتظار الزبون في الصف	نهاية زمن الخدمة	يقضيه الزبون في النظام (الدقيقة)	الخادم عاطلا (الدقيقة)
1	-	0	4	0	0	4	4	0
2	8	8	1	8	0	9	1	4
3	6	14	4	14	0	18	4	5
4	1	15	3	18	3	21	6	0
5	8	23	2	23	0	25	2	2
6	3	26	4	26	0	30	4	1
7	8	34	5	34	0	39	5	4
8	7	41	4	41	0	45	4	2
9	2	43	5	45	2	50	7	0
10	3	46	3	50	4	53	7	0
11	1	47	3	53	6	56	9	0
12	1	48	5	56	8	61	13	0
13	5	53	4	61	8	65	12	0
14	6	59	1	65	6	66	7	0
15	3	62	5	66	4	71	9	0
16	8	70	4	71	1	75	5	0
17	1	71	3	75	4	78	7	0
18	2	73	3	28	5	81	8	0
19	4	77	2	81	4	83	6	0
20	5	82	3	83	1	86	4	0
المجموع			68		56		124	18

معظم الزبائن سيجدون أنفسهم مضطرين للانتظار, علماً بأن متوسط زمن الانتظار ليس كبيراً جدا. وبصورةٍ عامة فإن النظرة الموضوعية تتطلب الموازنة بين تكلفة بقاء الخادم عاطلاً من جهة, وتكلفة استخدام عدد من الخدم من جهةٍ أخرى, ذلك أن مشاكل من هذا النوع من الأنظمة تتراوح بين بقاء الخادم عاطلاً أحياناً من جهة, ووجود زبائن في الانتظار من جهةٍ أخرى.

3.1 نظام أبل – بيكر مثال(2)

الغرض من هذا النظام يتمثل في عرض محاكاة لنظام عديد الخوادم. يقوم مطعم بتقديم خدمة إيصال الطعام لمستقلي السيارات. ويوضح الجدول (11) الطريقة التي تصل بها السيارات. هناك عاملان لتقديم الخدمة أبل و بيكر, ويتمتع أبل بمهارة وسرعةٍ أكبر في تقديم الخدمة مقارنةً ببيكر. الجدولان 12 و 13 يوضحان توزيع أزمان الخدمة في هذا النظام.

جدول (11) توزيع الفترات الزمنية بين أوقات وصول السيارات

Time between Arrivals (Minutes)	Probability	Cumulative Probability	Random Digit Assignment
1	0.25	0.25	01-25
2	0.40	0.65	26-65
3	0.20	0.85	66-85
4	0. 15	1.00	86-00

تسير عملية النمذجة في هذا المثال بصورةٍ شبيهة بتلك التي اتبعت في سابقه, بيد أن هذا المثال يعتبر أكثر تعقيداً من سابقه. وبالامكان تطبيق القاعدة التبسيطية التالية: أبل سيتولى تقديم الخدمة إن كان العاملان عاطلين ربما لأفضليته. وحتماً سيكون الوضع أكثر تعقيداً إذا كان اختيار من يقدم الخدمة يتم عشوائياً.

والمطلوب تحديد مستوى أداء النظام, والمعاملات اللازمة لذلك عن طريق إجراء عملية نمذجة تستغرق ساعةً واحدة. وكلما كان زمن عملية النمذجة أكثر طولاً, كانت النتائج أكثر وثوقية. مع ذلك ولأغراض التوضيح كان طول العملية ساعةً واحدة.

تمضي عملية النمذجة على نسقٍ مماثل للمثال 2.1. ومع ذلك يتعامل هذا المثال مع عددٍ أكبر من الأحداث لوجود خادمٍ ثانٍ.

جدول (12) توزيع الخدمة بواسطة ايبل

الرقم العشوائي المحدد	الاحتمال التراكمي	الاحتمالات	زمن الخدمة (Minutes)
01-30	0.30	0.30	2
31-58	0.58	0.28	3
59-83	0.83	0.25	4
84-00	1.00	0. 17	5

جدول (12) توزيع الخدمة بواسطة بيكر

الرقم العشوائي المحدد	الاحتمال التراكمي	الاحتمالات	زمن الخدمة (Minutes)
01-35	0.35	0.25	3
36-60	0.60	0.40	4
61-80	0.80	0.20	5
81-00	1.00	0. 15	6

الأحداث المحتملة تشتمل على:

- وصول الزبائن،
- بداية خدمة الزبائن بواسطة بيكر ’
- اكتمال خدمة الزبائن بواسطة بيكر.

ويشتمل الجدول 13 على جدول النمذجة.

جدول (13) جدول النمذجة لمسألة ايبل وبيكر

رقم الزبون	الرقم العشوائي للوصول	الزمن بين الوصول	زمن الساعة عند الوصول	الرقم العشوائي للخدمة	زمن بداية الخدمة	زمن الخدمة	انتهاء زمن الخدمة	بداية زمن الخدمة	زمن الخدمة	انتهاء زمن الخدمة	الزمن في الصف
					أبل			بيكر			
1	-	-	0	95	0	5	5				0
2	26	2	2	21				2	3	5	0
3	98	4	6	51	6	3	9				0
4	90	4	10	92	10	5	15				0
5	26	2	12	89				12	6	18	0
6	42	2	14	38	15	3	18				1
7	74	3	17	13	18	2	20				1
8	80	3	20	61	20	4	24				0
9	68	3	23	50				23	4	27	0
10	22	1	24	49	24	3	27				0
11	48	2	26	39	27	3	30				1
12	34	2	28	53				28	4	32	0
13	45	2	30	88	30	5	35				0
14	24	1	13	01				32	3	35	1
15	34	2	33	81	35	4	39				2
16	63	2	35	53				35	4	39	0
17	38	2	37	81	39	4	43				2
18	80	3	40	64				40	5	45	0
19	42	2	24	01	43	2	45				1
20	56	2	44	67	45	4	49				1
21	89	4	48	01				48	3	51	0
22	18	1	49	47	49	3	52				0
23	51	2	51	75				51	5	56	0
24	71	3	54	57	54	3	57				0
25	16	1	55	87				56	6	62	1
26	92	4	59	47	59	3	62				0
مج						56			43		11

و بتحليل الجدول 13 نستطيع الخروج بالنتائج التالية:

1. ظل أبل مشغولاً لفترة بلغت 90% من الزمن الذي فاق 62 دقيقة.
2. ظل بيكر مشغولاً لفترة بلغت 69% من الزمن. أي أنه أقل انشغالاً من رصيفه؛ وذلك نتيجةً لقاعدة الأولوية.
3. هناك تسعة واصلين من جملة 26 زبونا مضطرين للانتظار وهم يمثلون حوالي 35%, ويبلغ متوسط زمن الانتظار 0.42 دقيقة (تعادل 25 ثانية تقريباً) وهي قيمة صغيرة جداً.
4. الواصلون التسعة الذين اضطروا للانتظار كان متوسط زمن انتظارهم 1.22 دقيقة , وهي قيمة صغيرة.

وخلاصة القول أن هذا النظام يعمل بصورة متوازنة, وليس بوسع خادم واحد خدمة كل مرتادي النظام, إلا أنه وفي ذات الوقت فإن ثلاث خوادم تبدو أكثر من متطلبات النظام.

ونخلص إلى أن عمليات النمذجة تجد استخداماتٍ واسعةً في كثير من المجالات, من ذلك نظم الجرد, والذي يرتكز على مراجعة دورية للكميات الموجودة بالنظام, وتترتب على هذه المراجعة طلبيات لزيادة كمية المخزونات لتصل إلى مستوىً محدد.

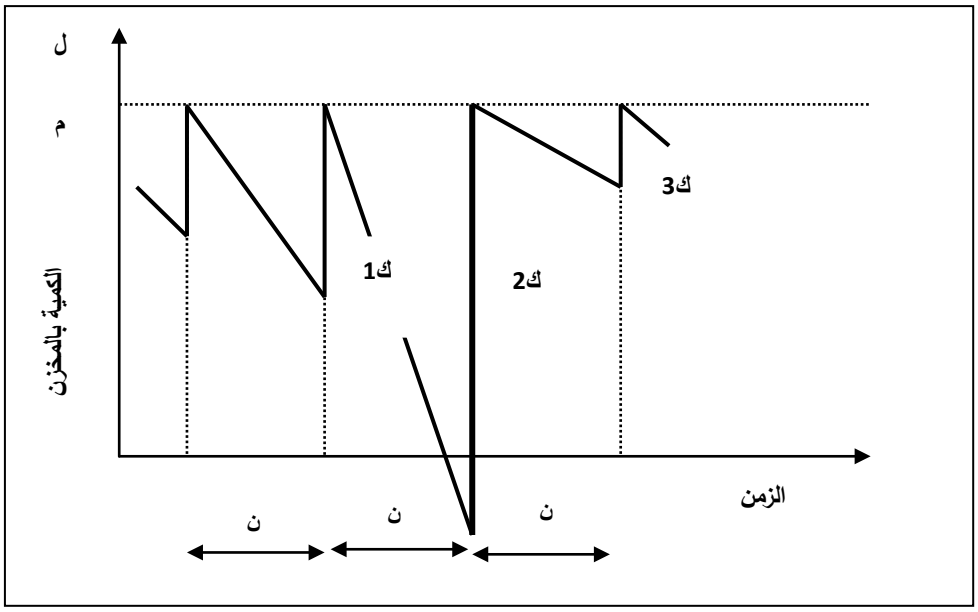
ونظراً لطبيعة آلية تحديد الطلبيات, فإن عملية تحديد الكميات تتم استناداً على نسقٍ تقريبي يعتمد على الاحتمالات. عادةً ما ينظر للطلبيات باعتبارها ذات قيم ثابتة بمرور الزمن كما هو واضح في الشكل 8 على الرغم من أنها ذات طبيعة غير مستقرة تتأرجح زيادةً ونقصاناً.

4.1 محاكاة نظام الجرد مثال (3)

المثال التالي يعبر عن نمط احتمالي لمعالجة نظام للجرد كما يظهر في الشكل 7 ,ولنفترض أن الحد الأقصى لمستوى المخزون، ل، هو11 وحدة خلال الفترة المستعرضة، نون، هو 5 أيام. المطلوب أن نحسب، عن طريق المحاكاة، متوسط الوحدات المنتهية في المخزون، وعدد الأيام التي حدث فيها النقص. ويوضح الجدول 14 توزيع عدد الوحدات

المطلوبة يوميا. في هذا المثال، المهلة هو متغير عشوائي، كما هو مبين في الجدول 15 ,نفترض أن الطلبيات تحدد في نهاية العمل، وترد للجرد في بداية العمل على النحو الذي تحدده المهلة.

شكل (7)



لتقدير متوسط الوحدات المنتهية في المخزون، فإن الأمر يتطلب إنجاز العديد من جولات النمذجة. لأغراض هذا المثال، سيتم عرض خمس دورات , ويطلب من الدارس مواصلة العملية.

جدول رقم 14. توليد الأرقام العشوائية للطلبيات اليومية

Demand	Probability	Cumulative Probability	Random Digit Assignment
0	0.10	0.10	01-10
1	0.25	0.35	11-35
2	0.35	0.70	36-70
3	0.21	0.91	71-91
4	0.09	1.00	92-00

جدول رقم 15. توليد الأرقام العشوائية لوقت الإنتظار

Lead Time (Days)	Probability	Cumulative Probability	Random Digit Assignment
1	0.6	0.6	1-6
2	0.3	0.9	7-9
3	0.1	1.0	0

القيمة العشوائية لمهام الطلبيات اليومية والمهلة مبينة في الأعمدة أقصى اليمين للجداول 14 و 15,. ويعبر الجدول 16 عن نتائج عملية ال محاكاة. وقد بدأت عملية النمذجة بمخزون قدره 3 وحدات وطلبية قدرها 8 وحدات من المقرر أن تصل في غضون يومين.

ويمكن التعرف على تفصيلات سير العملية بتتبع جدول النمذجة لعدة أيام مختارة.

وتصل طلبية الوحدات الثماني في صباح اليوم الثالث من الجولة الأولى، وبالتالي يرفع مستوى المخزون من 1 الى 9 وحدات. ويؤدي الطلب خلال الفترة المتبقية من الدورة الأولى المنتهية إلى خفض مستوى المخزون ليصل إلى وحدتين في ا ليوم الخامس. ومن ثم، فإن طلبيةً قدرها 9 وحدات ستصبح لازمةً. وستكون المهلة الزمنية لها يوماً واحداً. بعد ذلك ستتم إضافة طلبية الوحدات التسع في صباح اليوم الثاني من الجولة الثانية.

ولاحظ ان المخزون بداية اليوم الثاني من أيام الدورة الثالثة كان صفراً. حيث أن طلبيةً قدرها وحدتان في ذلك اليوم أدت إلى نقص المخزون. وقد حررت طلبيات بوحدات إضافية في ذلك اليوم واليوم التالي أيضا. وفي صباح اليوم الرابع من الجولة الثالثة كان

هناك حصراً وضّح وجود تسع وحدات. هناك أربع وحدات تم طلبها مرةً أخرى, وطلب وحدة واحدة فى نفس اليوم, لينتهي بخفض المخزون إلى أربع وحدات.

استنادا إلى خمس دورات للمحاكاة، فإن متوسط المخزون هو إنهاء ما يقرب من 3.5 (87 ÷ 25) وحدة. 2 من 25 يوما في حالة وجود نقص.

جدول (16) نمذجة نظام المخزون

الدورة	اليوم	بداية الجرد	الرقم العشوائي المطلوب	الطلب	نهاية الجرد	الكمية الناقصة	كمية الطلب	الرقم العشوائي لوقت الانتظار	الأيام لحين وصول الطلب
1	1	3	24	1	2	0	-	-	1
	2	2	35	1	1	0	-	-	0
	3	9	65	2	7	0	-	-	-
	4	7	81	3	4	0	-	-	-
	5	4	54	2	2	0	9	5	1
2	1	2	03	0	2	0	-	-	0
	2	11	87	3	8	0	-	-	-
	3	8	27	1	7	0	-	-	-
	4	7	73	3	4	0	-	-	-
	5	4	70	2	2	0	9	0	3
3	1	2	47	2	0	0	-	-	2
	2	0	45	2	0	2	-	-	1
	3	0	48	2	0	4	-	-	0
	4	9	17	1	4	0	-	-	-
	5	4	09	0	4	0	7	3	1
4	1	4	42	2	2	0	-	-	0
	2	9	87	3	6	0	-	-	-
	3	6	26	1	5	0	-	-	-
	4	5	36	2	3	0	-	-	-
	5	3	40	2	1	0	10	4	1
5	1	1	07	0	1	0	-	-	0
	2	11	63	2	9	0	-	-	-
	3	9	19	1	8	0	-	-	-
	4	8	88	3	5	0	-	-	-
	5	5	94	4	1	0	10	8	2

نشاط



اعمل مع زملائك على تكوين جدول محاكاة خاص بعملية نمذجة يدوية, راجع الخطوات الثلاث المتتالية في عملية المحاكاة, وادرس الأمثلة التالية جيداً, يمكن أن تختار محطة وقود, أو استقبال أحد المستشفيات الخاصة, أو دخول الطلاب عبر البوابة الرئيسة... إلخ. قدم جدول المحاكاة الذي تكوّن لديك للمشرف.

أسئلة تقويم ذاتي



1. اشرح كيفية محاكاة نظام صف وحيدة القناة.
2. ما خصائص القيم العشوائية المتماثلة التوزيع لتمثيل عمليات الوصول إلى طاولة السداد؟ .
3. اشرح نظام أبل – بيكر .
4. وضح كيفية استخدام محاكاة نظام الجرد .

الخلاصة

عزيزي الدارس، كما درست, إنه يمكن القيام بعمليات المحاكاة دون مساعدة مباشرة من جهاز الكمبيوتر, بحيث يمكن الاستناد على ثلاث خطوات متتالية: أولها تحديد خصائص كل مدخلات عملية المحاكاة, ثم يلي ذلك إنشاء جداول المحاكاة, وأخيراً نضع لكل تكرار يتم توليد قيمة، و قيمة لكل المدخلات التي عددها يصل إلى "n ".

محاكاة أنظمة الاصطفاف تعتمد على وصف التوزيعات الزمنية بين عمليات الوصول, وتوزيعات الفترات الزمنية التي تستعرضها عمليتا الخدمة، عندما يزداد عدد المنظرين من طالبى الخدمة يفوق معدل الوصول معدل الخدمة, ويمكن محاكاة ذلك بأعداد جدول المحاكاة.

الصف وحيد القناة يمكن محاكاته كما في بقالة صغيرة لها شخص واحد يقوم بعملية البيع فيها. أما نظام أبل وبيكر ففي تقديم الخدمة بنظام عديد من الخوادم محاكاة نظام الجرد تختص بمحاكاة مستوى المخزون.

عزيزي الدارس، وفي الختام نرجو لك التوفيق في دراسة الوحدة التالية.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية:

نظرية الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية هو عنوان الوحدة التالية, وبها نظرية الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية المتقطعة و المستمرة.

إجابات التدريبات

تدريب (1)

شرح محتوى الجدول رقم (6)

يتكون هذا الجدول من أربعة أعمدة, ولكل عمود مفرداته الخاصة به، العمود الأول من اليسار إلى اليمن يوضح زمن تقديم الخدمة للزبون, وهذه الفترة تتراوح بين دقيقة وست دقائق كما هو موضح. أما العمود الذي يلية, فيعبر عن احتمل فرص تقديم الخدمة في تدرج, حيث احتمال تقديم الخدمة في خلال دقيقة واحدة هو 10% وفي دقيقتين 20% ...إلخ. أما العمود الذي يليه يعبر عن تكامل الاحتمالات, و يمكن حسابه من العمود السابق له بالجمع المتتالي, العمود الأخير في اليمين يمثل الحدود الاحتمالية لكل زمن خدمة, ويمكن حسابه من العمود السابق له بكل سهولة.

مسرد المصطلحات

- **الأزمان البينية لوصول طالبي الخدمة:** Inter- Arrival Time

الزمن مستمر أما طالبي الخدمة فإن قدومهم يتم بشكل عشوائي متقطع.

- **زمن الخدمة:** Service Time

هي الفترة التي تمضى أثناء تقديم الخدمة للعميل الواحد .

- **نظم الاصطفاف وحيدة القناة**

إن الأزمان البينية لوصول طالبي الخدمة, وكذلك الفترات الزمنية التي ستستغرقها عملية الخدمة, يمكن أن تولدها من التوزيعات الخاصة بهذه المتغيرات العشوائية في حالة تقديم الخدمة من نافذة واحدة .

- **محاكاة نظام الجرد**

هو نظام لمعرفة مستوى المخزون عن طريق المحاكاة, فهو نمط احتمالي لمعالجة نظام للجرد, وتقدير متوسط الوحدات المنتهية في المخزون.

المصادرو المراجع

1.التميمي حسين عبد الله، **إدارة الإنتاج والعمليات** (مدخل كمي) الطبعة الأولى، دار الفكر، عمان،1997م.

2.حزوري نعيم **التخطيط والرقابة في المشروع**، منشورات جامعة حلب، حلب،1990م.

3.حسن عادل، **تخطيط ومراقبة الإنتاج**، مركز الإسكندرية للكتاب، الإسكندرية1995م.

4.رجب عادل **إدارة الإنتاج**، منشورات جامعة حلب، حلب1986،م.

5.الزعبي فايز **الرقابة الإدارية في منظمات الأعمال**1995م.

1. J.banks J.Carson and B Nelson. Discrete -Event System Simulation Third Edition Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey .USA.
2. MS Obaidat Simulation of Queuing Models in Computer Systems in Queuing Theory and Applications (S Ozekici Ed) pp.111-151 Hemisphere NY 1990 .
3. O Al-Jayoussi and B. Sadoum: Simulation and optimization of an Irrigation System. Proceedings of the 1998 Summer Computer Simulation Conference SCSC:98 The Society for Computer Simulation International pp 425-430 Reno Nevada July 1998 .
4. M.S Obadiah (Guest Editor) Special Issue on Performance Modeling and **S**imulation of ATM System and Networks: Part II Vol. 78 No 4 April 2002.
5. R Jain the Art of computer systems Performance Analysis Techniques for Experimental Design Measurement Simulation and Modeling Wiley-Interscience New York NY April 1991.
6. F E Cellier .Continuous System Modeling .Springer-Verlag .1991
7. M.Kirschnick .The Performance Evaluation and Prediction System for Queueing Networks PEPSY –QNS University of

Erlangen –Nuremberg Institute For Mathematics Maschinen and Datenverarbritung IV Teech Report TR -14-94-18.Jun 1994.

8. D G Feitelson and M a Jete: Improved Utilization and Responsiveness with Gang Scheduling in Scheduling Strategies for Parallel Processing Lecture Note in Computer Science D G Feitelsin and L Rudolph (Eds) Springer –Verlang Berlin Vol 1291 pp 238-261-1997.
9. SP Dandamudi and H Yu : Performance of Adaptive Space Sharing Processor Allocation Poicies for Distributed –Money Multicomputer . Journal of Parallel and distributed Computer Academic Press Vol -58-pp-109+125-1999.
10. www.mesquite.com (for simulation and modeling)
11. National Instruments : Lab view : system Simulation and Design Toolset www.ni.com .
12. www.google.com.


الوحدة الثالثة
نظرية الاحتمال والتوزيعات
الاحتمالية

محتويات الوحدة

الموضوع	صفحة
المقدمة	**87**
تمهيد	87
أهداف الوحدة	88
1. نظرية الاحتمال	**89**
1.1 تعريف الاحتمال	90
2.1 قواعد الاحتمالات	92
3.1 استخدام قاعدة بيس	99
2. التوزيعات الاحتمالية	**104**
1.2 التوزيعات الاحتماليه المتقطعة	105
2.2 التوزيع ذو الحدين	107
3.2 توزيع بويسون	109
3. التوزيعات الاحتمالية المستمرة	**111**
1.3 التوزيع الطبيعي	112
2.3 استخدام التوزيع الطبيعي كتقريب	116
3.3 التوزيع الطبيعي كتقريب لتوزيع بياسون	118
الخلاصة	**126**
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	**127**
إجابات التدريبات	**128**
مسرد المصطلحات	**134**
المصادر والمراجع	**136**

مقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس، كما درسنا في الوحدة السابقة أن اتخاذ القرارات الإدارية, ودراسة النظم الهندسية تخضع لمجالات التأكد والمخاطرة وعدم التأكد. فهذه الوحدة تكملة لما درسناه، تختص بحالات المخاطرة وعدم التأكد, حيث تنشأ الاحتمالات، وعملية اتخاذ القرار بهدف زيادة الأرباح, وزيادة المبيعات أو تجويد الأداء وفك الاختناقات في شبكات الحاسوب والمعالج، والتحقق من كل بديل من البدائل المعروضة أمام متخذ القرار, فهي بدائل في مستوى معين من المخاطرة وعدم التأكد, فالأمر يتطلب استخدام أحد الأساليب الكمية التي يطلق عليها أسلوب نظرية الاحتمال. والتوزيعات الاحتمالية عنوان هذه الوحدة.

في القسم الاول من دراسة نظرية الاحتمال سنتعرض لتعريف الاحتمال وقواعد الاحتمالات, وكذلك الاحتمالية الحدية واستخدام قاعدة بيس.

أما القسم الثاني من الوحدة فيختص بالتوزيعات الاحتمالية, حيث نجد التوزيعات الاحتمالية المتقطعة, والتوزيع ذي الحدين, ثم ندرس أيضاً التوزيعات الاحتمالية المستمرة, بالأخص التوزيع الطبيعى كتقريب لتوزيع بويسون.

عزيزي الدارس، ستتخلل هذه الوحدة أنشطة وتدريبات, وأسئلة تقويم ذاتى, وأشكال إيضاحية, وجداول تتطلب منك العناية والتركيز؛ لأن الخلاصة تحتوى معظم الاجابة على الأسئلة المطروحة ضمن أهداف الوحدة وإجابات التدريبات هي حل لكل التدريبات الموجودة داخل النص. أما مسرد المصطلحات فهو تقييم مختصر لكل مصطلحات علم الإحصاء والاحتمالات الواردة ضمن الوحدة. كما يمكن للدارس الرجوع لمصادر ومراجع تلك الموضوعات. نرجو أن تتمكن من الفهم الجيد للمقرر, والمساعدة على تطويره. **والله ولى التوفيق**،،،،،،،

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراستك لهذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تشرح نظرية الاحتمال وتعرف الاحتمال.
2. تعدد قواعد الاحتمالات وتوضح ذلك.
3. تحل المسائل الاحتمالية الحدية وقاعدة بيبس.
4. توضح معاني التوزيعات الاحتمالية المتقطعة.
5. تحل مسائل "التوزيع ذو الحدين".
6. تستخدم أسلوب التوزيع الطبيعى للتقريب للتصحيح لأغراض الاستمرارية.
7. تحل مسائل " التوزيع الطبيعي" كتقريب لتوزيع بويسون.

1. نظرية الاحتمال

عزيزي الدارس، يتخذ القرار عادة في ضوء عملية اختيار لبديل من مجموعة من البدائل، وللقيام بعملية الاختيار, فعلى المدير أن يضع معياراً واضحاً ومحدداً يرتبط بالهدف، على سبيل المثال: الأرباح، المبيعات، الاختناقات،.. إ لخ. فعلى أساس هذا المعيار يتم اختيار البديل بعد إجراء عملية المفاضلة.

وبعد وضع الهدف يستلزم القيام بعملية تقييم الفرص, والتحقق من كل بديل من البدائل المعروضة أمام متخذ القرار. يقصد بالفرص الاحتمالات التي تلازم بدائل القرار، فاستخدام الاحتمالات يعد ضرورياً في الكثير من حالات النظام، وفي الحالات التي تظهر فيها فرصة يتم جمع معلومات إضافية عن أحداث القرار الممكنة، لذا فإن مفاهيم الاحتمال وقواعده تعتبر مفيدة لكثير من الحالات الإدارية. فقرارات الإنتاج والتسويق والقرارات المالية تصنع وتتخذ في غالب الأحيان في ظروف عدم التأكد أو المخاطرة، واعتماداً على ذلك, فإن نظرية الاحتمال تستخدم لتقليل مستوى المخاطرة, أو عدم التأكد التي ترافق اتخاذ أغلب القرارات الإدارية. والاعتماد على القروض أو على حقوق الملكية، والاستثمار في أسهم الشركة (A) أو الشركة (B)، والتعامل مع المصرف (Z) أو المصرف (G) .كلها قرارات تتضمن مستوى معيناً من المخاطرة، وهكذا أمر يتطلب استخدام أحد الأساليب الكمية التي تعتمد على مبادئ وتقنيات علم الإحصاء. ويطلق على هذا الأسلوب نظرية الاحتمال Probability Theory.

يتمثل الهدف الأساس لهذه الوحدة في التعريف بأهم المفاهيم والقواعد المرتبطة بنظرية الاحتمال, وخاصة تلك التي تجد لها استخدامات واسعة في حقول هندسة الحاسوب وعلومها، كما يتمثل الهدف النهائي بمساعدة متخذ القرار لكي يتمكن من امتلاك نظرة واضحة للمشكلة التي يتعامل معها.

ولتحقيق هذا الهدف فقد تم ترتيب الوحدة بالمحاور الآتية:

1.1 تعريف الاحتمال Probability Definition

عندما يتم اتخاذ قرارٍ أواختيار عينة في الحياة العملية, فإن القائم في العملية سيواجه الكثير من العطاءات. وقبل تحديد احتمالية كل عطاء محتمل, فعليه معرفة الكثير من المفاهيم.

أ. فضاء العينة: Sample Space (SS)

يقصد بها مجموع العطاءات التي يمكن أن تنتج من الاختيار أو القرار، فعلى سبيل المثال، قد يختار مدير الرقابة على الجودة وحدة واحدة من المنتج، فالوحدة يمكن أن تكون جيدة النوعية أو رديئة النوعية، لذا فإن فضاء العينة في هذه الحالة هو النواتج أو العطاءات (جيد أو رديء).

ب. التجربة: Experiment (E)

يقصد بها العملية التي تولد العطاءات، فعملية الاختيار في مثال الجودة السابقة يقصد بها التجربة.

جـ. الأحداث الابتدائية: Elementary Events (EE)

يقصد بها العطاءات المنفردة للتجربة، على سبيل المثال، جيد أو رديء.

مثال (1):

افترض أن مدير شركة الاتصالات يخطط للاستغناء عن ساعة التوقيت، تتمثل الأحداث الابتدائية في هذه الحالة، إذا افترضنا شخصاً واحداً، بالآتي:

e_1 = الفرد يصل مبكراً.

e_2 = الفرد يصل متأخراً.

e_3 = الفرد يصل في الوقت المحدد.

لذا فإن فضاء العينة (SS) = (e1 , e2 , e3)

وإذا تم توسيع التجربة لتشمل فردين، فإن الأحداث الابتدائية ستصبح، كالآتي:

e_1 = مبكر، مبكر.

e_2 = متأخر، متأخر.

e_3 = في الوقت المحدد، في الوقت المحدد.

e_4 = مبكر، متأخر.

e_5 = مبكر، في الوقت المحدد.

e_6 = متأخر، في الوقت المحدد.

e_7 = في الوقت المحدد، متأخر.

e_8 = متأخر، مبكر.

e_9 = في الوقت المحدد، مبكر.

لذا فإن فضاء العينة (SS) = $(e_1 , e_2 , e_3 . e_4 , e_5 , e_6 , e_7 , e_8 , e_9)$

مثال (2):

يحاول مدير الإدارة الهندسية التأكد من جودة المنتج، فإذا تم اختيار وحدة واحدة من المنتج, فإن الأحداث الابتدائية ستكون:

e_1 = جيدة النوعية.

e_2 = رديئة النوعية.

وأن الأحداث الابتدائية (e_1 , e_2) تشكل ما يعرف بفضاء العينة (SS) في هذا المثال، وإذا تم اختيار وحدتين من المنتج, فإن الأحداث الابتدائية ستكون كالآتي:

e_1 = جيدة النوعية، جيدة النوعية.

e_2 = رديئة النوعية، رديئة النوعية.

e_3 = رديئة النوعية، جيدة النوعية.

e_4 = جيدة النوعية، رديئة النوعية.

وأن فضاء العينة (SS) = $(e_1 , e_2 , e_3 . e_4)$

د- تصنيف الأحداث:

1. الأحداث المتنافية عن بعضها البعض: أي الأحداث التي إذا ظهر أحدها, فإنه يمنع ظهور الآخر.

مثال:

إذا كان الحدث الأول e_1 = جيدة النوعية لوحدة الإنتاج.

فإنه e_2 = رديء النوعية للوحدة المنتجة.

لذا فإن الحدثين e_1 و e_2 يسميان بالأحداث المتنافية.

2. الأحداث المستقلة: هي الأحداث التي لا يؤثر ظهور أحدها على ظهور الآخر.

افترض أن مدير الجودة في اليوم الأول فحص النوعية ووجد أن الوحدتين من المنتج رديئتا النوعية e_1 و e_2 = رديئة النوعية، فإن أحداث اليوم الثاني قد لا تكون بالضرورة نفس أحداث اليوم الأول, وإنما قد تكون e_1 و e_2 = جيدة النوعية أو غيرها ,فسبب كون المحاولتان مستقلتين, فإن الأحداث الناتجة عنها مستقلة عن بعضها البعض.

اعتماداً على ذلك يعرف الاحتمال بأنه فرصة ظهور حدث أو مجموعة أحداث, والتي قد تؤثر على فرصة ظهور الأحداث الأخرى، أو تكون مستقلة عنها.

2.1 قواعد الاحتمالات Probability Rules

عزيزي الدارس، تزخر كتب الإحصاء بالعديد من القواعد الاحتمالية التي يُستخدم قسمٌ منها في الحالات الخاصة بالتعامل مع مشاكل الخاصة بالعلوم والهندسة ، لذا فإن هذا المحور سيركز على تلك القواعد التي تعد شائعة الاستخدام في مجال الحاسوب والهندسة.

قاعدة (1):

إن مجموع احتمالات الأحداث التي تقع داخل فضاء عينة واحدة يساوي واحداً، أي أن احتمالية الحدث تكون أكبر من صفر وأقل من واحد صحيح. كل حدث

$$0 \le p(e_i) \le 1;$$

مثال:

إذا كان لديك أحداث معتمدة: e_1 و e_2 وإذا كانت احتمالية e_1 هي $p(e_1) = 0.3$ فإن احتمالية e_2 هي $p(e_2) = 0.7$

قاعدة (2):

يكون مجموع الاحتمالات لكل الأحداث الابتدائية مساوياً لواحد صحيح، أي أن:

$$\sum_{i=0}^{k} p(e_i) = 1.0$$

عندما تكون قيمة K = عدد الأحداث الابتدائية في فضاء العينة.

e_i = الحدث الابتدائي.

P = الاحتمال

مثال: إذا رجعنا إلى مثال القاعدة (1) يمكن أن نلاحظ بأن:

$$p(e_i) = p(e_1) + p(e_2)$$
$$= 0.3 + 0.7 = 1.0$$

مع القاعدتين (1) و (2) هنالك قاعدة احتمال الحدث المكمل *Complementary Event*. والحدث المكمل هو: جمعٌ للعطاءات التي لا يتضمنها الحدث الابتدائي e ويعبر عن الحدث المكمل بـ $p(Ei)$. لذا فإن:

$$p(E_i) = 1.0 - p(e_i)$$

مثال:

إذا كانت احتمالات الأحداث الابتدائية $e_1 , e_2 , e_3 = 0.10 , 0.30 , 0.40$ على التوالي فإن احتمالية الحدث المكمل (Ei) تكون:

$$p(E_i) = 1.0 - p(e_i)$$
$$= 1.0 - (0.1 + 0.3 + 0.4 = 0.2$$

قاعدة (3): قاعدة الجمع

إذا تضمن الحدث الأساس E الأحداث الابتدائية e_1 , e_2 فإن الحدث:

$p(e_1 \cup e_2)$ يساوي مجموع احتمالات الأحداث المكونة له، أي أن:

$$p(e_1 \cup e_2) = p(e_1 + p(e_2) - p(e_1 \cap e_2)$$

إذا كانت الحوادث منفعلة أو متنافية

$$p(e_1 \cup e_2) = p(e_1 + p(e_2)$$

مثال(1):

يحاول مدير الإنتاج تحديد الخط أو الخطوط الإنتاجية التي تسبب إنتاج وحدات رديئة (معيبة) من المنتج، توفرت لدى المدير المعلومات الآتية:

خطوات الإنتاج	التكرار	التكرار النسبي
1	2100	0.42
2	1500	0.30
3	1200	0.24
4	200	0.04
	5000	

فاحتمال أن تكون الوحدات الرديئة من الخطين 2 و 3 هي

$$p(E) = p(e_2) + p(e_3)$$

$$= 0.3 + 0.24 = 0.54$$

مثال(2): دخل أحد المهندسين شركة لبيع أجهزة الحاسوب بملحقاتها، فإذا كان الاحتمال لشراء أسطوانات هو 0.60 والشاشات 0.50 الشاشات والأسطوانات 0.30، فإن احتمالية شراء الأسطوانات أو الشاشات، أو الاثنين معاً (الأسطوانات والشاشات) ستكون:

$$p(B \cup M) = p(B + p(M) - p(B \cap M)$$

حيث B= الأسطوانة، M = الشاشات، $P(B)$ = احتمالية شراء الأسطوانات، $P(M)$ احتمالية شراء الشاشات و $p(B \cup M)$ تساوي احتمالية شراء الأسطوانات والشاشات.

الحل:

$$p(B \cup M) = 0.60 + 0.50 - 0.30$$
$$= 0.80$$

فالعلامة في المعادلة أعلاه $(\cup)$ تدل على الجمع، هذا يعني أن الاحتمالية $p(B \cup M)$ تسمى بالاحتمالية المتصلة أو المرتبطة *(Joint Probability)* وفي هذا المثال تتمثل احتمالية شراء الاسطوانة والشاشة.

نشاط



تمتلك إحدى شركات إنتاج الأسمنت مجهزين للمواد الأولية المستخدمة في التصنيع، يجهز المجهز (1) (30%) من المواد الأولية، والمجهز (2) (70%) من الكمية. أوضحت الاختبارات التي أجريت على المواد الأولية أن (40%) من المواد الأولية التي يجهزها المجهز الأول هي رديئة النوعية، وأن (5%) من المواد الأولية التي يجهزها الثاني رديئة النوعية. وجد مدير الرقابة النوعية للشركة كميات من المواد الأولية الرديئة النوعية في مخزون المواد الأولية ويريد تحديد مصدرها.

السؤال: أيّ المجهزين الأكثر احتمالاً قد قام بتجهيز المواد.

قاعدة(4): قاعدة الضرب

تستخدم هذه القاعدة لحساب احتمالية حدثين يظهران في نفس الوقت أو بالتعاقب، يشيع استخدام هذه القاعدة في الكثير من الحالات، على سبيل المثال، إدارة الجودة، و إدارة الإنتاج، وتحليل الإشارات.

تسمى الاحتمالية المستخدمة في هذه الحالة بالاحتمالية الشرطية. *Conditional Probability* فإذا ظهر حدثان E_1، E_2 في نفس الوقت فإن احتماليتهما الشرطية تكون:

$$P\{E_1 \mid E_2\} = \frac{P\{E_1 \cap E_2\}}{P\{E_2\}}$$

أو $$P\{E_2 \mid E_1\} = \frac{P\{E_2 \cap E_1\}}{P\{E_1\}}$$

وإذا كان الحدثان مستقلين عن بعضهما البعض، فإن احتماليتاهما الشرطين تصبح:

$P\{E_1 \mid E_2\} = P\{E_1\}$ وذلك لأن احتمالية:

$$P\{E_2\}P\{E_1\} = P\{E_1 \cap E_2\} = E_1.E_2$$

فالاحتمالات $P\{E_1 \mid E_2\}$و $P\{E_2 \mid E_1\}$, تسمى بالاحتمالات الشرطية، والاحتمال الشرطي يحسب كالآتي:

$$P\{E_1 \cap E_2\} = P\{E_2\}P\{E_1 \mid E_2\}$$

أو

$$P\{E_1 \cap E_2\} = P\{E_1\}P\{E_2 \mid E_1\}$$

نشاط



تنوي ثلاث مقاتلات حربية الإقلاع من قاعدة، يتوقع أن تصيب المقاتلة الأولى الهدف باحتمال (30%)، المقاتلة الثانية (60%)، واحتمالية الإصابة للمقاتلة الثالثة (10%). يتوقع القائد العسكري للقاعدة أن احتمالية تأخر الإقلاع بسبب الظروف الجوية السيئة هي كما يأتي: (8%) بالنسبة للمقاتلة الأولى، (10%) بالنسبة للمقاتلة الثانية، و (6%) بالنسبة للمقاتلة الثالثة.

السؤال: أيّ المقاتلات الأكثر احتمالاً للتأخير؟

مثال (1):

في عائلة مكونة من 6 أطفال على فرض أن نسبة الأطفال الذكور هي 0.5 أوجد احتمال:

أ. أن يكون جميع الأطفال من نفس الجنس.

ب. أن يكون خمسة منهم أولادا وواحد بنتاً؟

الحل:

أ. نفرض أن E_1 هو حدث كون الجميع أولادا , وأن E_2 هو حدث كون جميعهم بناتا.
وحيث إن E_1 و E_2 حدثين متنافيين، فإن:

$$P\{E_2\}+P\{E_1\}=P\{E_1 \cup E_2\}$$

وحيث إن الولادات الستة الفردية يمكن اعتبارها ستة أحداث مستقلة لجنس المولود، فباستخدام صيغة أكثر تعميما من صيغة الضرب ينتج أن:

$$P\{E_1\} = P\{E_2\} = (1/2)^6$$

إذن فإن:

$$P\{E_2\} + P\{E_1\} = (1/2)^6 + (1/2)^6 = 1/32$$

ب. نفرض أن E_1 هو حدث أن يكون الطفل الأكبر بنتا, والآخرون أولادا، وأن E_2 هو حدث أن يكون المولود الثاني بنتا والآخرون أولادا، وهكذا بالنسبة للأحداث E_3 و E_4 و E_5 و E_6. حيث إن حدث أن يكون لدينا خمسة أولاد وبنت واحدة سيقع إذا وقع أحد الأحداث المتنافية E_1 ... E_6 فينتج من ذلك أن:

$$P\{5 \text{ boys and } 1 \text{ girl}\} = P\{E_1\} + \ldots + P\{A_6\}$$

$$P\{E_1\} = \ldots = P\{E_6\} = (1/2)$$

$$P\{5 \text{ boys and } 1 \text{ girl}\} = P\{E_1\} + \ldots + P\{A_6\}$$

مثال (2):

لزيادة المبيعات تدرس إحدى الشركات زيادة نفقات الإعلان عن طريق استخدام التلفزيون والراديو في نفس الوقت. من المتوقع أن استخدام التلفزيون سيزيد المبيعات باحتمالية (0.20)، وأن استخدام الراديو سيزيد المبيعات باحتمالية (0.30), واحتمالية استخدام الراديو والتلفزيون هي (0.40). ما احتمالية كون استخدام الراديو والتلفزيون سيزيد المبيعات؟

الحل:

إذا تم اعتبار التلفزيون E_1 و الراديو E_2 فإن احتمالية استخدام الاثنين ستحدد كالآتي:

$$P\{E_1 \cap E_2\} = P\{E_2\} P\{E_1 \mid E_2\}$$

(إذا كان الحدثان معتمدين)

$$= (0.20)(0.40)$$
$$= 0.08$$

أو أن $P(E_2 \mid E_1) = P(E_2)P(E_1 \mid E_2)$

$$= (0.30)(0.40)$$
$$= 0.12$$

إذا كان الحدثان مستقلين فإن الاحتمالية تصبح:

$$p(E_{1and}\, E_2) = p(E_1)P(E_2)$$
$$= (0.30)(0.20)$$
$$= 0.06$$

فقاعدة الضرب لحدثين E_1 و E_2 تكون:

$$P(E_1 \cap E_2) = P(E_1)P(E_2 \mid E_1)$$

أو

$$P(E_2 \cap E_1) = P(E_2)P(E_1 \mid E_2)$$

وعند التعويض ينتج:

$$P(E_1)\frac{P(E_2 \cap E_1)}{P(E_1)} = 0.18 \times \frac{(0.12)(0.18)}{0.18}$$

$$= 0.02$$

وتستخدم قاعدة الضرب لحدثين مستقلين على النحو الآتي:

$$P(E_1 \cap E_2) = P(E_1)P(E_2)$$

$$= 0.18 \times 0.12 = 0.02$$

3.1 استخدام قاعدة بيس

Baye's Rule Application

عزيزي الدارس، تتضمن هذه القاعدة استخداماً لجميع قواعد الاحتمالات الشرطية والمتحدة (المتصلة), والاحتمالية الحدية. وتستخدم بشكل كبير في حل مشاكل الاتصالات وتحليل الإشارات. أدناه أمثلة على القرارات التي تستخدم فيها هذه القاعدة.

- قرار تحديد مستوى المعارضة أو القبول لعملية تغيير في النظام.

- قرار المفاضلة بين واسطتين للاتصالات.
- قرار تحديد وصول واسطة للنقل.
- قرار الاستثمار بالأسهم والسندات على أساس العائد المتوقع.
- قرار تحديد الخطوط الإنتاجية ذات النوعيات الجيدة أو الرديئة من الإنتاج.
- قرار تحديد مبلغ الاستثمار لمشروعين صناعيين.
- قرار توزيع التكاليف على مراكز الكلف في المنظمة.
- قرار الدخول أو عدم الدخول في مناقصة.
- قرار استحداث أو عدم استحداث فروع تنافسية في مناطق جغرافية.
- **وتتضمن الصيغة الإحصائية للقاعدة للتركيب الآتي:**

إذا كانت Ai(i = 1 , 2 , 3 , …… n) مجموعة من الأحداث المعتمدة والمتعارضة مع بعضها البعض.

وأن B أي حدث يسبق بالحدث Ai ، وأن احتمالية الحدث A، P(Ai) والاحتمالية الشرطية للحدثين p(B|Ai) كانت معروفة، فإن احتمال بيس سيكون:

$$P(A_i \mid B) = \frac{P(A_i)P(B \mid A_i)}{\sum_{i=1}^{n} P(A_i)P(B \mid A_i)}$$

ويمكن الحصول على قيمة احتمال بيس باستخدام الطريقتين الآتيتين:

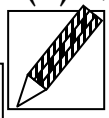
الأولى– استخدام جداول التكرار والتكرار النسبي للأحداث.

الثانية– استخدام شجرة الاحتمال والتي تحدد عن طريق تحديد الآتي:

1) الاحتمال الحدي $p(E_i)$
2) الاحتمال الشرطي $p(E_1|E_2)$

من إحدى الطريقتين يمكن التوصل إلى قيمة الاحتمال بشكل محدد.

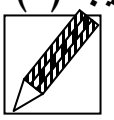
تدريب (1)



تنوي إحدى الشركات تغيير وقت بدء العمل فيها من 8:30 صباحاً إلى 8:00 صباحاً. قام قسم الأفراد بمسح لـ 1200 من العمال في القسم الإداري وقسم الإنتاج، ووجد بأن 370 عاملاً في قسم الإنتاج يوافقون على التغير، وأن ما مجموعه 715 عاملاً من جميع الأقسام الممسوحة يوافقون على عملية التغير، لتقسيم موقف العاملين بشكل أدق، قرر مدير الفرع التكلم مع العمال بشكل عشوائي.

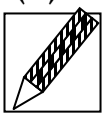
1. ما احتمالية أن يكون العامل المختار بشكل عشوائي مع التغير؟
2. ما احتمالية أن يكون العامل المختار بشكل عشوائي من القسم الإداري وضد التغير؟
3. ما العلاقة بين نوع العمل وموقف العامل المستقل؟ لماذا؟

تدريب (2)



تمتلك إحدى الشركات الصناعية ثلاثة مواقع صناعية (C , B , A) والتي تنتج فيها المواد الأولية لتعبيد الطرق. ينتج 40% في الموقع A، 50% في الموقع B، 10% في الموقع C، وبالرغم من اعتقاد الشركة بالنوعية الفائقة لمنتجاتها, لاحظ مدير الإنتاج بعض المنتجات الرديئة في الآونة الأخيرة, ويعتقد بأن السبب يعود إلى المجهزين. تشير الأرقام التاريخية أن 15% من دفعة إنتاج الموقع A،

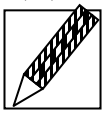
تدريب (3)



10% من دفعة إنتاج الموقع B و 25% من دفعة إنتاج الوقع C كانت رديئة النوعية.

افترض أن دفعة إنتاج رديئة تم اكتشافها مؤخراً، فما الموقع الصناعي الأكثر احتمالاً أن يكون مصدر هذا الإنتاج الرديء ؟

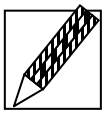
تدريب (4)



يمتلك أحد المستثمرين محفظة أسهم تحتوي على 80 سهماً تعود 50 منها للقطاع الخاص, و 30 سهماً للقطاع المختلط، تصاعدت قيم 30 سهماً من بين الـ 50 سهماً التي تعود إلى شركات القطاع الخاص في الأشهر القليلة الماضية، وتصاعدت أسعار 20 سهماً من أسهم القطاع المختلط. إذ تم اختيار سهم واحد من المحفظة بشكل عشوائي.

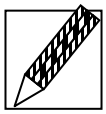
فما احتمالية أن يكون السهم من أسهم شركات القطاع الخاص؟ ولم تتزايد أسعاره؟

تدريب (5)



تفكر إحدى شركات تصنيع البطاريات الجافة في تسويق منتج جديد. واستناداً إلى المعلومات المتوفرة في بحوث السوق, فإن احتمالية بيع المنتج هي 0.80، إذا لم تعرض الشركات المنافسة نفس المنتج في السوق. على أي حال فإن احتمالية النجاح هي 0.40 حتى وإن تم تسويق نفس المنتج من الشركات المنافسة.

تدريب (6)



تمتلك إحدى المستشفيات سيارتين للإسعاف، تشير السجلات إلى أن السيارة الأولى تخصص للخدمة 0.60 من الوقت، وأن السيارة الثانية تخصص 0.40 من الوقت.

1) ما احتمالية عدم توفر إحدى السيارتين عندما تكون هنالك حاجة؟
2) ما احتمالية أن تتوفر على الأقل سيارة في حالة الحاجة؟

أسئلة تقويم ذاتي



1. ما الغرض من استخدام نظرية الاحتمال؟
2. وضح أهم المفاهيم والقواعد التي ترتبط بنظرية الاحتمال.
3. عرف الاحتمال.
4. وضح معنى فضاء العينة.
5. اكتب قاعدة الاحتمالات في شكل حسابي والتى توضح أن الحدث يكون أكبر من صفر وأقل من واحد صحيح.
6. اكتب واشرح قاعدة الجمع.
7. متى تستخدم قاعدة الضرب وكيف ؟
8. اشرح الحالات التى تستخدم فيها قاعدة بيس ، ووضح محتواها.
9. اكتب قانون قاعدة بيس.

2. التوزيعات الاحتمالية Probability Distributions

عزيزي الدارس، أشرنا في القسم السابق إلى أن المدير يمكن أن يستخدم الاحتمالات كمفاهيم وقواعد للتعامل مع حالة عدم التأكد. فتحديد احتمالية ناتج لحدث أو فعل معين يتطلب تسجيل جميع النواتج المحكمة. لذا فإن استخدام الاحتمالات أمرُ جوهري لعملية صنع القرار. استناداً لما تقدم فإن عدم إمكانية تحقق حالة التأكد في عملية صنع القرار, وشيوع حالة عدم التأكد والمخاطرة في عالم الأعمال, واتخاذ القرارات يستلزم تطويع قواعد الاحتمالات لخدمة كفاءة القرار الإداري. يتمثل التطويع **عادة بخلق حلقة وصل ما بين نظرية الاحتمالات, ونظرية القرارات تسمى بالتوزيعات الاحتمالية.**

وبشكل عام يمكن استخدام التوزيع الاحتمالي بدقة أعلى عند معرفة خصائص الحالة التي يراد استخدام التوزيع فيها. تتحول هذه المعرفة عادة إلى متغيرات متقطعة أو مستمرة تخضع لقواعد وإجراءات محددة, لشكل التوزيع الذي يحكم انتشار التغيرات.

أولاً: العلاقة فيما بينها.

ثانياً : ففي الوقت الذي يتعامل التوزيع الاحتمالي المتقطع مع المتغيرات العشوائية وبنوعين من التوزيعات هم: التوزيع ذو الحدين وتوزيعات بويسون، فإن التوزيع المستمر والذي يصطلح عليه بالتوزيع الطبيعي يستخدم مع المتغيرات التي يمكن أن تأخذ أي قيمة. ويمكن توليد هذه القيم عن طريق عملية قياس/ قياس الوقت/ والوزن، والمسافة, والحجم, ومستويات الفائدة.

نظراً لكثرة استخدام التوزيعات الطبيعية لذاتها, أو كتقريب للاحتمالات المتقطعة فسيتم التركيز عليها بشكل أساس في هذا القسم. لذا فإن هدف الوحده يتمثل بوصف التوزيعات الاحتمالية أولاً، واستخدامها ثانياً، فيفترض بالطالب وبعد انتهائه من قراءة الوحدة أن يعرف ما هي التوزيعات الاحتمالية, وكيف تستخدم في مجال الحاسوب.

فالتوزيعات الاحتمالية المستمرة تتمثل بمنحنى بميزتين هما:

1) تمثل المنطقة التي تقع داخله احتمالات يكون مجموعها مساوياً 100%.
2) إن مقدار الاحتمال الذي يتحدد لأي متغير يساوي المسافة بين نقطتين داخل منحنى التوزيع الطبيعي.

وبهدف الإلمام بالمواضيع التي تم اختيارها كممثلة للتوزيعات الاحتمالية لطالب علوم الحاسوب وهندستها, وتقانة المعلومات فسيتم تناولها على النحو الآتي.

1.2 التوزيعات الاحتمالية المتقطعة

Discrete Probability Distribution

يستخدم هذا النوع من التوزيعات مع المتغيرات العشوائية. فإذا أراد مدير الجودة في الشركة على سبيل المثال أن يتفحص ثلاث وحدات من منتج معين، فإن فضاء العينة سيكون:

1) جيد ، جيد ، جيد
2) جيد ، جيد ، رديء
3) جيد ، رديء ، جيد
4) رديء ، جيد ، جيد
5) جيد ، رديء ، رديء
6) رديء ، جيد ، رديء
7) رديء ، رديء ، جيد
8) رديء ، رديء ، رديء

فالمتغير العشوائي المتقطع, هو ذلك المتغير الذي يمكن أن يأخذ أي قيمة متميزة. ففي المثال السابق، يمكن أن تكون قيمة المتغير 0 ، 1 ، 2 ، 3.

يمثل التوزيع الاحتمالي المتقطع توسيعاً لأسلوب التوزيعات التكرارية، فهو يمثل قائمة بجميع المتغيرات العشوائية, والاحتمالات الملازمة لكل حدث. فجميع الاحتمالات يجب أن تكون غير سالبة ولا تتجاوز 1.0.

إذا كانت x = عدد الوحدات المطلوبة/ اليوم فإن

عدد الوحدات المطلوبة/ اليوم	الاحتمال p(x)
0	0.10
1	0.40
2	0.30
3	0.20
المجموع	1.0

لاحظ بأن $0.0 \le p(x) \le 1.0$

$$4p(x) = 1.0$$

لاستخدام التوزيعات الاحتمالية المتقطعة يشترط حساب مؤشرين هما:

الأول– قياس الموقع والذي يسمى بالقيمة المتوقعة لـ x ويرمز له E(X)، أو المتوسط بعيد المدى للمتغير العشوائي. ويمكن حسابه بالشكل الآتي:

$$E(X) = \sum^{\infty} X_i P(X_i)$$

ثانياً– قياس التشتت للتوزيع الاحتمالي, ويسمى بالانحراف المعياري, ويحسب باستخدام المعادلة الآتية: $\sigma(x) = \sqrt{\sum_{1}^{\infty} x_i - E(x)^2 P(x_i)}$

وبالعودة إلى المثال يظهر E(X) و σ_x على النحو الآتي:

X	P(X)	X.P(X)	$X\text{-}E(X)^2$	$X\text{-}E(X^2).\ P(X)$
0	0.10	0.0	2.56	0.256
1	0.40	0.40	0.36	0.144
2	0.30	0.60	0.19	0.048
3	0.20	0.60	1.96	`0.392
				0.84

لذا فإن

$$E(x) = \sum_{i=1}^{\infty} x_i . P(x_i) = 1.6$$

$$\sigma_x = \sqrt{0.84} = 0.917$$

هذا يعني أن العدد المتوقع للوحدات المطلوبة في اليوم هو 1.60 , مع انحراف معياري مساوٍ 0.917.

في الغالب يأخذ التوزيع المتقطع شكلين هما:

2.2 التوزيع ذو الحدين Binomial Distribution

يستخدم لأي تجربة تمتلك الخصائص الآتية:

- هناك ناتجان فقط هما: النجاح والفشل.
- يمكن استخدام محاولات متشابهة.
- يكون ناتج المحاولة الواحدة مستقلاً عن نواتج المحاولات الأخرى.
- تكون احتمالية النجاح (p) نفسها لكل المحاولات، كما أن q=(1-p) احتمالية الفشل يجب أن تكون ثابتة لكل المحاولات.

غالباً ما يكون متخذ القرار باحثاً عن عدد النجاحات التي يمكن مشاهدتها في المحاولات المجربة.

وبسبب تقيد التوزيع بخصائص وقيود محددة فقط, طورت معادلة عامة لحساب التوزيع ذي الحدين. فالمعادلة التي تستخدم لاحتمال (X_i) من النجاحات في (n) من المحاولات هي: $p(X_i) = \frac{n!}{x!(n-x_i)} p^{x_i}(1-p)^{n-x_i}$

حيث إن:

n يساوي حجم العينة.

X_1-N=X_2 = عدد فرص الفشل.

Q و P = احتمالات الفشل والنجاح.

باستخدام قيم متميزة لعدد المحاولات واحتمالات النجاح P، فإن كل التوزيعات الاحتمالية ذات الحدين لها نفس التوزيع الاحتمالي. لذا فلا حاجة لاستخدام المعادلة لكل محاولة.

حيث يمكن الحصول على الاحتمال من الجدول (1) الخاص بهذا التوزيع. ويمكن اتباع الخطوات الآتية لاستخدام الجدول.

أولاً: حدد حجم العينة في الجدول.

ثانياً: حدد الصف الملازم لقيمة (P) احتمالية النجاح، فعلى سبيل المثال، احتمالية (8) فرص نجاح في عينة تساوي (20) في حالة كون P= 0.45 هي:

P(8) = 0.1623

ويمكن إيجاد متوسط التوزيع وانحرافه المعياري على النحو الأتي:

$$E(X) = M_x = n.p$$

$$\sigma_x = \sqrt{n.p.q}$$

لذا فإن توزيعاً ذا حدين بـ n = 100 و p = 0.50 فإن M_x و σ_x يصبح

$$M_x = (100)(0.50) = 25$$

$$\sigma_x = \sqrt{100 * 0.5 * 0.5} = 5$$

عادة ما يأخذ التوزيع ذو الحدين شكلين هما:

أ. **الواسع المنظم Symmetrical** وذلك عندما تكون قيمة احتمالية النجاح (p) مساوية لقيمة احتمالية الفشل (q = 1-p) وبقيمة 0.50 . يظهر ذلك عندما يكون حجم العينة كبيراً.

ب. **الضيق الملتوي Skewed** عندما تكون قيمة (p) غير مساوية لـ(0.50).

3.2 توزيع بويسون Poison Probability Distribution

يستخدم هذا التوزيع عند عدم إمكانية حساب عدد حالات الفشل, أو عدم الظهور للحدث. فعلى سبيل المثال، يمكن حساب عدد المكالمات الهاتفية القادمة إلى بدالة مستشفى، ولكن لا يمكن حساب عدد المكالمات التي تم محاولتها ولم تتحقق. ويعتمد هذا النوع من التوزيع على معدل أو متوسط عدد حالات الظهور لوحدة الزمن الدقيقة، الساعة، اليوم، الشهر ... إلخ ويعبر عن المعدل بـ (y).

مثال:

افترض أن عدد المكالمات القادمة إلى بدالة شركة تبلغ (15) مكالمة في الساعة، إذا تم حساب عدد المكالمات في 2 ساعة فإن:

المعدل = 2(15) = 30 مكالمة.

أو إذا أردنا حساب عدد المكالمات في 1/3 ساعة فإن

المعدل = 15(1/3) = 5

يوضح المثال أن المعدل يمكن أن يعدل حسب المطلوب وبأي طريقة كانت.

تتمثل دالة كثافة هذا التوزيع بالمعادلة الآتية:

$$p(x) = (yt)^x e^{-yt} / x! \Rightarrow x = 0,1,2,...$$

من المثال أعلاه y = 15 مكالمة في الساعة أي:

yt = 20 / 1/3 =60

yt = 15 (1/3) = 5 مكالمة

لذا فإن احتمالية 3 مكالمات في (x = 3) ساعة أو (20) دقيقة علما بأن قيمة :

e = 2.71858 ، إذن

$$p(x = 3) = (5)^3 e^{-5} / 3! = \frac{125 e^{-5}}{3.2.1} = 0.1404$$

يتضمن الجدول (2) في نهاية الكتاب الاحتمالات لقيم مختلفة من (yt) و (x).

يحسب الجدول والتباين لهذا التوزيع كالآتي:

$$M_x = yt$$

المعدل = التباين

$$\sigma_{x^2} = yt$$

ويحسب الانحراف كالتالي:

$$\sigma_x = \sqrt{yt}$$

من المثال أعلاه فإن:

$$M_x = yt = 15\left(\frac{1}{3}\right) = 5$$

$$\sigma_x = \sqrt{5} = 2.236$$

$$\sigma_{x^2} = 5$$

مثال:

افترض أن مدير إحدى شركات الحاسوب قام بدراسة وقت اتصال الزبائن بين 11:00 صباحاً و 12:00 ظهراً ، فوجد أن معدل عدد حالات الاتصال هو 3.5 ما احتمالية اتصال (8) زبائن أو أقل؟

باستخدام الجدول (2) في نهاية الكتاب فإنه:

$$\sum_{x=0}^{\infty} ixi^{-2}ixi$$

احتمالية اتصال (8) زبائن أو أقل = احتمالية (0) + احتمالية (1) + احتمالية (2)+...

+ احتمالية (8)

= 0.032 + 0.1507 + ... + 0.0169

= 0.9902

نشاط



حصل مدير الجودة في إحدى الشركات الصناعية لإنتاج المعالجات على عينة مؤلفة من (1600) معالج ولنفس الحجم. وجد المدير بأن 8% فقط من المعالجات جيدة النوعية. ما احتمالية إيجاد ليس أكثر من (150) معالج رديء النوعية؟ هل أن نسبة البضاعة جيدة النوعية صحيحة؟ لماذا ؟

3. التوزيعات الاحتمالية المستمرة

Continuous Probability Distribution

عزيزي الدارس، أشرنا في بداية الوحدة إلى أن التوزيعات الاحتمالية المستمرة ممثلة بالتوزيع الاحتمالي الطبيعي, Normal Probability Distribution تستخدم للمتغيرات التي تعطي قيماً متميزة ويمكن قياسها كالوزن والطول والمسافة, والعمر ...إلخ. يتميز هذا النوع من التوزيع بالخصائص الآتية:

1. يمثل بمنحنى بقيمة في الوسط تسمى المعدل.
2. توزيع نظامي بمتوسط وبمدى ومنوال متساوية.
3. لا تلتقي أطراف المنحنى اليسرى واليمنى مع المحور الأفقي.
4. يعرف التوزيع بدالة تسمى دالة z تكون نفسها أنواعاً لكل التوزيع، وقد تختلف بالموقع والانتشار.
5. يقاس الموقع بـ M_x ويقاس الانتشار بالانحراف المعياري σ_x.

اعتماداً على ذلك فإن التوزيع يظهر كما في الشكل (1)

نشاط



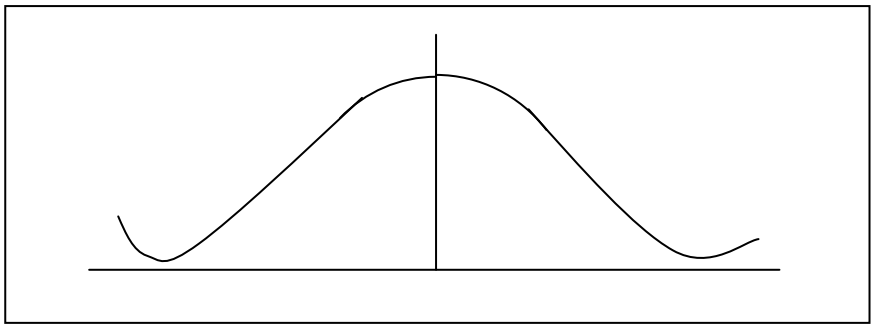
قررت مجموعة من المستثمرين الاستثمار في (8) مشاريع معتمدين على نصيحة الخبير المالي. قمت أنت بتقييم احتمالية النجاح لكل مشروع وكانت 15%. فإذا تبين بأن مشروعاً واحداً أو أقل كان ناجحاً فإن شركتك ستنهي عقدك معها. وإذا تبين بأن (4) مشاريع أو أكثر كانت ناجحة فإنك تستلم مكافأة نقدية.

حدد احتمالاتك وحدد نوع التصرفات التي ستقوم بها؟

1.3 التوزيع الطبيعي

شكل (1)

منحنى التوزيع الطبيعي



ولما كانت التوزيعات الطبيعية بنفس الكثافة, وبمواقع وانتشار مختلفة, فيمكن تعديل أي توزيع للحصول على التوزيع الطبيعي المعياري، وذلك بتغيير الانحراف والمتوسط. وتسمى قيم التوزيع الطبيعي المعياري بالأرقام المعيارية.

ولحساب قيمة z تستخدم المعادلة الآتية:

$$z = X - M_x \quad = \text{القيمة} - \text{المعدل}$$

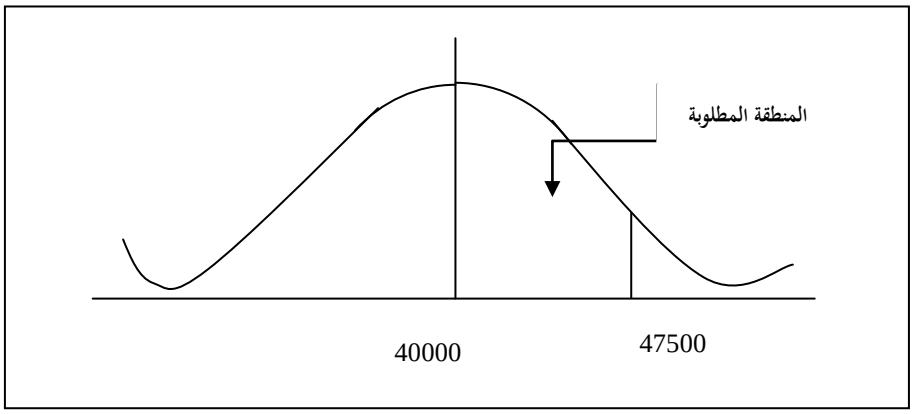
الانحراف المعياري σ_x يمثل قيمة z عدد الانحرافات المعيارية σ_x من المعدل M_x، ويمكن الحصول على قيم z من جدول التوزيع الطبيعي (في الملاحق) في نهاية الكتاب.

مثال:

افترض أن العمر الاقتصادي لإطار السيارة الشخصية يمكن أن يوصف بتوزيع طبيعي, وبمعدل (40000)كم، وانحراف معياري (10000)كم.

ما احتمالية أن يكون العمر الاقتصادي لإطار مختار بين (40000)كم – (47500)كم.

يتمثل التقريب في هذه الحالة بالمساحة التي تقع داخل المنحنى بين النقطتين:



لتحويل المعيار يمكن عمل الآتي:

$$p(40000) < x < 47500$$

$$z = \frac{x - M_X}{\sigma_X} = \frac{47500 - 40000}{10000} = 0.75$$

إذاً احتمالية z = 0.75 وباستخدام الجدول (في الملاحق) فإن z= 0.75 = 0.2734

لذا فإن: p(40000) < X <47500 = 0.2734

p((32500) < X < (40000))

= 0.2734

Z = (35500 – 40000)/10000 = 0.75

P(Z= 0.75) = 0.2734

كما أن احتمالية أن يبقى الإطار المختار على الأقل (55000) كم هي:

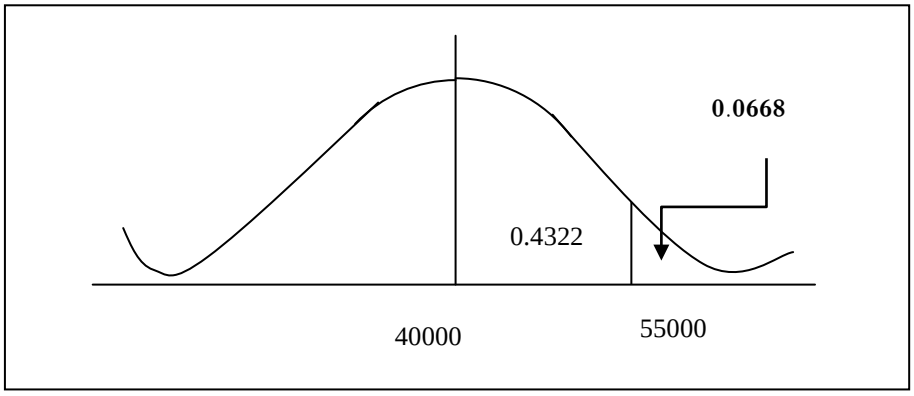
$$p(X \geq 55000)$$

$$z = \frac{55000 - 40000}{10000} = 1.5$$

و من الجدول أيضاً: P(Z = 1.5)= 0.4332

ولمّا كانت المساحة الكلية تحت المنحنى وللجانب الأيمن مساوية 0.50, لذا فإن المساحة المطلوبة هي:

$$0.50 - 0.4332 = 0.0668$$



كما أن احتمالية بقاء الإطار بين (45000 – 37500) كم هي:

$$p(37500 < X < 45000) = p(37500 \le X \le 40000) + p(40000 \le X \le 45000)$$

تقسم المساحة إلى منطقتين A_1 و A_2 وذلك؛ لأن جدول التوزيع الطبيعي يعطي احتمالات لمددٍ يتضمن المعدل كنقطة نهائية:

لذا تصبح الحالة كالآتي:

$$p(37500 \le X \le 40000) = A_1$$

$$p(40000 \le X \le 45000) = A_2$$

وإنّ:

$$p(37500 \le X \le 45000) = A_1 + A_2$$

$$Z = \frac{45000 - 40000}{10000} = 0.50$$

وباستخدام دالة التوزيع الطبيعي يمكن الحصول على الآتي:

$$Z = \frac{37500 - 40000}{10000} = 0.25$$

لذا فإن:

$$P(Z = 0.50) = 0.1915 = A_1$$

و كذلك

$$P(Z = 0.25) = 0.0987 = A_2$$

إذن

$$p(37500 \le X \le 45000) = A_1 + A_2 = 0.1915 + 0.0987 = 0.29$$

نشاط



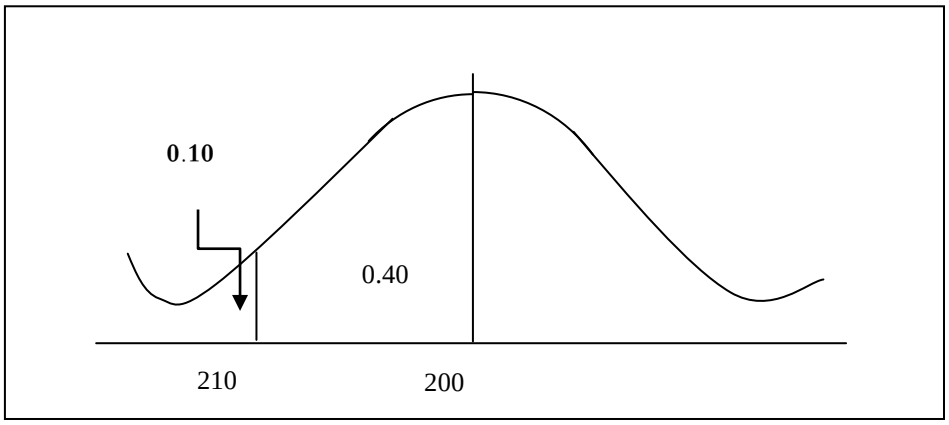
اشترت شركة MNC نظام حاسوب للمساعدة في معالجة بياناتها المحاسبية. يتضمن النظام (32) طرفية، يعتمد وقت استجابة النظام على عدد الطرفيات المستخدمة, ونوع التطبيقات المستخدمة فيها. يدّعي مُصنِّع النظام أن وقت الاستجابة للنظام عند استخدام الطرفيات جميعاً يأخذ التوزيع الطبيعي بمعدل (20) ثانية, وانحراف معياري (10) ثوان.

وتحت ظروف اشتغال طبيعية، إذا افترضنا أن ادّعاء المُصنّع صحيحاً. ما احتمالية استجابتين متتاليتين تتجاوز (45) ثانية ؟

مثال:

قدرت إحدى شركات إنتاج البطاريات, أن العمر الاقتصادي لبطارية السيارة ولعيّنة مختارة بمعدل (200) أسبوع، وانحراف معياري (20) أسبوعاً. ترغب الشركة بتصميم نظام ضمان يقوم على أساس أن نسبة (10%) من الإنتاج فقط يفشل قبل العمر الاقتصادي المحدد, ويجب استبداله من قبل الشركة.

ففي هذا المثال نريد إيجاد العمر الاقتصادي X على أن 10% فقط من البطاريات بأعمار اقتصادية (200) أسبوع أو أقل، وأن 40% بأعمار اقتصادية تتجاوز (200) أسبوع. تظهر الحالة بيانياً كما في الشكل أدناه:



الحل:

ابتداءً يجب تحديد موقع Z والحصول على أقرب قيمة من الجداول, والتي تتمثل بـ 0.399 والمساوية لـ Z= 1.28

لذا فإن:

$$-1.28 = \frac{x - 200}{20}$$

$$-25.6 = x - 200$$

$$x = 200 - 25.6 = 174.4$$

لذا فإن فترة الضمان تكون 174.4 أسبوعاً تقريباً.

2.3 استخدام التوزيع الطبيعي كتقريب

تتمثل إمكانية استخدام التوزيع الطبيعي كتقريب بكونها إحدى فوائد هذا التوزيع, خاصة عند إجراء التصحيح لأغراض الاستمرارية. يتناول هذا القسم استخدامات التوزيع الطبيعي كتقريب للتوزيع ذي الحدين وتوزيع بياسون على النحو الآتي:

أ. التوزيع الطبيعي كتقريب للتوزيع ذي الحدين:

أشير في ما سبق إلى ان التوزيع ذا الحدين يكون واسعاً ومنتظماً عندما تكون احتمالية النجاح مساوية لاحتمال الفشل، أي أن (P = ح = 0.50), وعند هذه الحالة يكون التوزيع ذو الحدين مشابهاً للتوزيع الطبيعي. لذا فكلما كانت P قريبة من (0.50) وكان حجم

العينة كبيراً، كان التوزيع ذو الحدين واسعاً ومنتظماً. وبسبب صعوبة حساب احتمالية النجاح عندما يكون حجم العينة كبيراً، لذا يستخدم التوزيع الطبيعي كتقريب للتوزيع ذا الحدين وعند توفر شرطين هما:

عندما يكون ناتج n x p = 5 أو أكبر منها.
عندما يكون ناتج n(1-p) = 5 أو اكبر منها.

فباستخدام دالة التحويل تصبح معادلة التوزيع الطبيعي كالآتي:

$$z = \frac{x - M_x}{\sigma_x}$$

أو $$z = \frac{x - np}{\sqrt{np(1-p)}}$$

وعند التحويل تكون المعادلة كالآتي:

حيث إن:

$M_x = np$ (معدل التوزيع الطبيعي)

الانحراف المعياري $\sigma_x = \sqrt{np(1-p)}$

X = عدد حالات النجاح

لتوضيح عملية التقريب، افترض أن مدير الجودة حصل على عينة (1600) إطار ولنفس النوعية، ووجد أن (8%) من هذه العينة رديئة النوعية، فاحتمالية أن لا يزيد عدد الإطارات الرديئة النوعية عن (150) إطاراً تحسب على النحو الآتي:

$$np = 1600 * (0.08)$$

$$= 128$$

$$n(1-p) = 1600 * (0.92)$$

$$= 1472$$

ولمّا كان المعدل يتجاوز 5 , فيمكن استخدام دالة التحويل كالآتي:

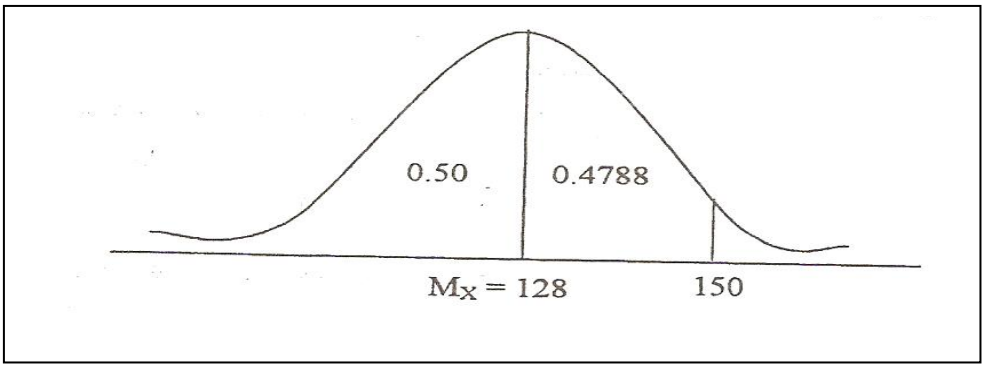
$$z = \frac{x - np}{\sqrt{np(1-p)}} = \frac{150 - 128}{\sqrt{1600\,(0.08)(0.92)}}$$

وباستخدام جدول التوزيع الطبيعي فإن $p(z= 2.03) = 0.4788$

لذا فإن:

$$p(x \le 1500) = 0.50 + 0.4788$$
$$= 0.9788$$

ويمكن التعبير بيانياً عن التقريب بالشكل أدناه :



3.3 التوزيع الطبيعي كتقريب لتوزيع بويسون

يمكن استخدام التوزيع الطبيعي كأداة تقريبية لتوزيعات بويسون تحت نفس الشروط التي يجب توفرها في الحالة الأولى، أي أن دالة التحويل تصبح على النحو الآتي:

$$z = \frac{x - yt}{\sigma_x}$$

أو أن: $$z = \frac{x - M_x}{\sigma_x}$$

حيث إن $yt = \mu_x$ (معدل التوزيع)

σ_x = الانحراف المعياري

X = عدد حالات النجاح

ويمكن الحصول على الاحتمالات الخاصة بالنجاح باستخدام الجدول (الملحق) في نهاية الكتاب.

مثال:

افترض أن أحد المصانع سجل عدد توقفات العمل بسبب عطل المعدات بمعدل (12) توقفاً في اليوم.

ما الاحتمالية التقريبية لـ (15) توقفاً أو أقل في اليوم؟

الحل:

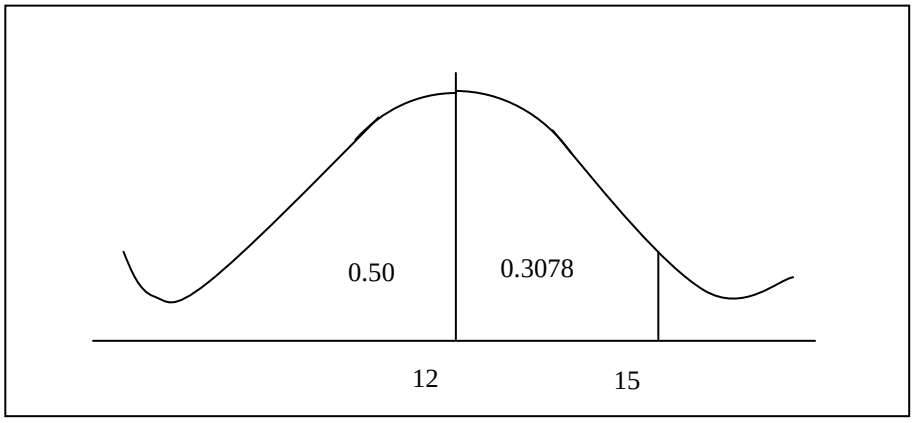
$$z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} = \frac{15 - 12}{\sqrt{12}} = .087$$

باستخدام الجدول فإن $p(z=0.87) = 0.3078$

اعتماداً على ذلك فإن:

$$p(x \le 15) = 0.50 + 0.3078$$
$$= 0.8078$$

بيانياً تظهر النتيجة كما في الشكل أدناه:



نشاط:



تستلم شركة أحمد ناقلات محملة بالمواد الاحتياطية كل أسبوع. تدعي الشركة البائعة للمواد الاحتياطية, أن احتمالية كون المادة رديئة النوعية هي 0.05

1. افترض أن شركة أحمد اختارت عينة مكونة من (50) مادة ووجدت (15) مادة رديئة النوعية. ماذا يمكن أن تستنتج الشركة عن ادّعاء الشركة البائعة؟
2. كيف تتغير استجابتك إذا وجدت شركة أحمد أن (5) مواد فقط هي رديئة النوعية؟ ولماذا؟

أسئلة تقويم ذاتي



مثال (1):

افترض أنك أنجزت دراسة عن أحد المستشفيات, ووجدت أن معدل وصول المرضى إلى غرفة الطوارئ بين الساعة (6مساءً– 9مساءً) وفي يوم الجمعة (5) مرضى. استخدم توزيع بويسون وأجب عما يلي:

1. ما احتمالية أن يكون عدد حالات الوصول أقل من (3)؟
2. ما احتمالية أن يكون عدد حالات الوصول (8) أو أكثر؟

أسئلة تقويم ذاتي

مثال (2):

تنتج إحدى الشركات مكائن غسيل الملابس، ترسل المكائن إلى مخزن الشركة بدفعات (1000) ماكنة لكل دفعة. أنت كمدير مخزن سوف لن تقبل أي دفعة إذا اعتقدت بأنها تحتوي على أكثر من 5 وحدات معيبة. استخدم التوزيع ذا الحدين، جد الاحتمالات الآتية علماً بأن n=20 وأن p=0.05.

1. احتمالية وحدة واحدة معيبة، p(1) .
2. احتمالية أكثر من وحدة واحدة معيبة $p(x > 1)$.
3. احتمالية إيجاد من 1−3 من الوحدات المعيبة لإرجاعها؟

$p(1 \le x \le 3)$

4. الانحراف المعياري والتباين
5. افترض أنك وجدت (3) وحدات معيبة، هل تكون توصيتك الاحتفاظ بالدفعة؟ أم لا؟

نشاط



تنتج إحدى شركات الزجاج دفعات نظامية من أقداح الشاي. إذا تضمنت الدفعة أقل من ثلاث وحدات رديئة النوعية تباع إلى المطاعم. وتباع الدفعات متوسطة الحجم إلى مطاعم متوسطة الحجم. وتباع الدفعات التي تحتوي على (8) وحدات رديئة إلى مطاعم كبيرة الحجم. إذا أخذت الوحدات الرديئة شكل توزيع بويسون بمعدل (6) وحدات رديئة من دفعة تتضمن (1000) قدح.

1. كم سيذهب لكل نوع من المطاعم؟
2. كم سيكون العائد لكل دفعة, إذا كانت الشركة تحصل على الأرباح الآتية: مطاعم الحجم الصغير = 1500$ مطاعم الحجم المتوسط = 900$ مطاعم الحجم الكبير – 550$

مثال:

افترض أن توزيع الدخل العائلي في منطقة غنية, يأخذ شكل التوزيع الطبيعي بمعدل (20000)$, وانحراف معياري (4000)$.

جد ما يأتي:

1. احتمالية أن يكون دخل العائلة أقل من (12000)$
2. احتمالية أن يكون دخل العائلة أكبر من (19000$
3. احتمالية أن يكون دخل العائلة بين (18000)$ و(26000)$
4. احتمالية دخل العائلة بما يتجاوز (40000)$

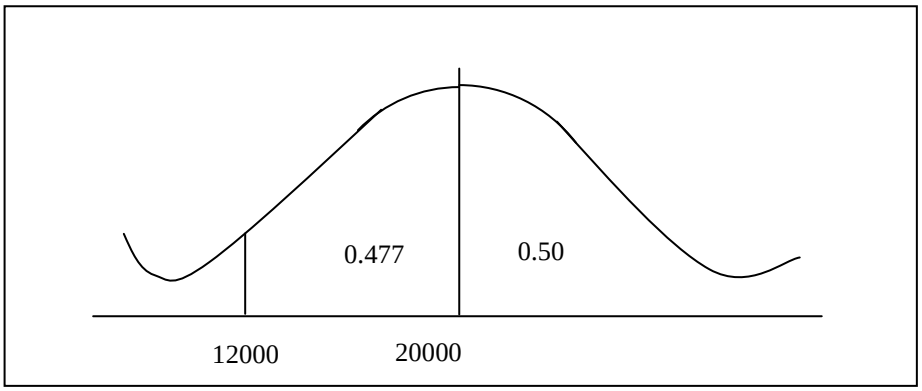
الحل:

افترض أن x = مستوى دخل العائلة

1. $P(x< 12000) = 0.50 – 0.4772 = 0.0228$

وذلك عن طريق حساب الآتي:

$$z = \frac{x - M_x}{\sigma_x} = \frac{12000 - 20000}{4000} = -2$$



باستخدام جدول الملاحق فإن p(z=0.20) = 0.4772

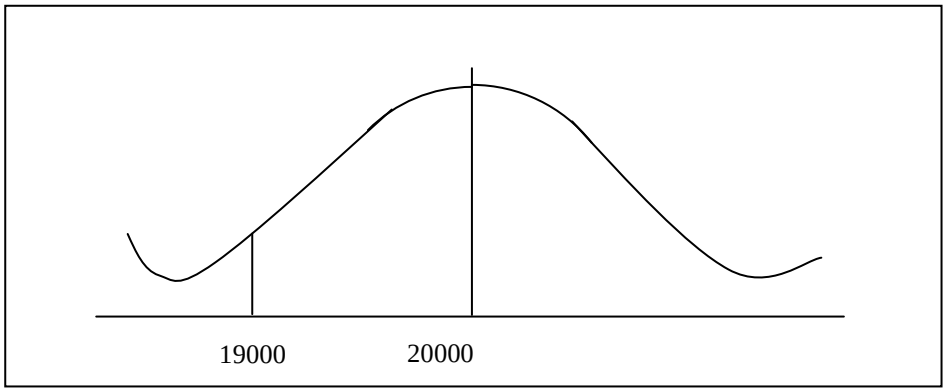
ولما كانت المنطقة المطلوبة على يسار المعدل فيجب طرحها من

2. $z = \frac{19000 - 20000}{4000} = -0.25$

من الجدول p(z = -0.25) = 0.0987

مجموع المساحة 0.50+0.0987 = 0.5987

لذا فإن: p(x>19000) = 0.5987



3. $p(18000 \le X \le 26000)$

المنطقة 1: $z_1 = \frac{18000 - 20000}{4000} = -0.50$

من الجدول $p(Z = -0.50) = 0.1915$

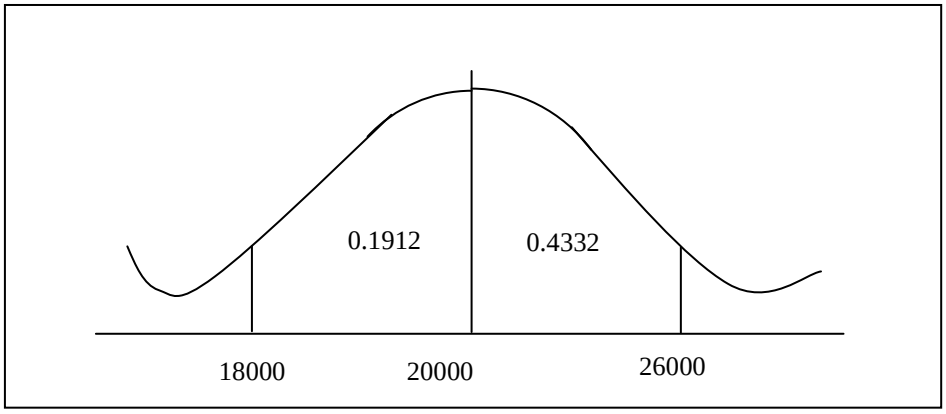
المنطقة 2: $z_2 = \frac{26000 - 20000}{4000} = 1.5$

من الجدول $p(Z = 1.5) = 0.4332$

لذا فإن $p(18000 \le X \le 26000) = Z_1 + Z_2$

$= 0.1912 + 0.4332$

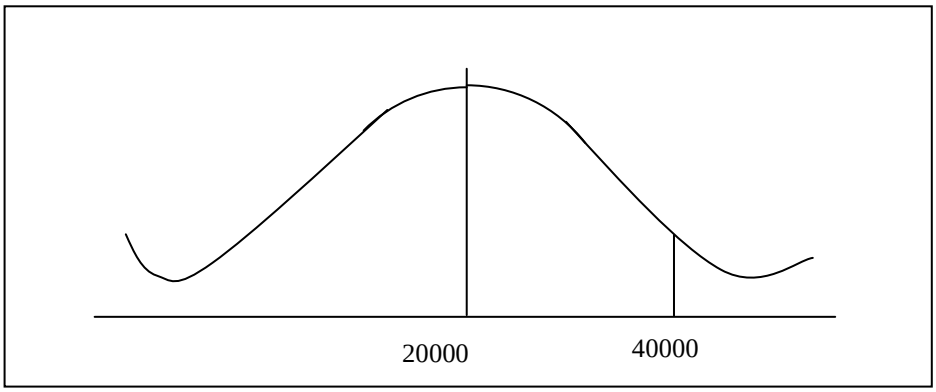
$= 0.6247$



4. $p(X > 40000)$ إذن $Z = \frac{40000 - 20000}{4000} = 5$

من الجدول $p(Z = 5) = 0.50$

لذا فإن $p(X > 40000) = 0.50 - 0.50 = 0.0$



أسئلة تقويم ذاتي



1. تطويع قواعد الاحتمالات والوصل بين نظرية الاحتمالات ونظرية القرارات, خلق ما يسمى بالتوزيعات الاحتمالية؛ وضح المعنى.
2. قدم مثالاً للتوزيعات الاحتمالية المتقطعة.
3. اكتب القانون الذي يمكنك به أن تجد القيمة المتوقعة, أو المتوسط بعيد المدى للمتغير العشوائي.
4. اكتب المعادلة التي يمكنك أن تجد بها التشتت للتوزيع الاحتمالي, أو ما يسمى بالانحراف المعياري.
5. بسبب تقيد التوزيع الاحتمالي بقيود محددة, قد تم تطوير معادلة عامة لحساب التوزيع ذي الحدين, اكتب أهم محاولات التطوير في المعادلة .
6. يأخذ التوزيع ذو الحدين شكلين، بين ذلك.
7. متى يتم استخدام توزيع بويسون.
8. اشرح معنى التوزيع الاحتمالي الطبيعي, والانحراف المعياري.

الخلاصة

عزيزي الدارس، لقد تبين لنا خلال دراسة هذه الوحدة أن نظرية الاحتمال من الأساليب الكمية التي نلجأ إليها في حالة المخاطرة, وعدم التأكد والتمكن من نظرة واضحة للمشكلة. وتبين لنا أن تعريف الاحتمال يعني جملة الاحتمالات الواردة بالنظر للمشكله, وتحديد احتمالية كل عطاء محتمل ، أمّا فضاء العينة فيعني أيضاً مجموع العطاءات التي يمكن أن تنتج من الاختبار أو القرار. والتجربة تعني العملية التي تولد العطاءات مثل الجودة السابقة التي تعني التجربة.

قواعد الاحتمالات مثل فضاء عينة واحدة يساوى واحداً صحيحاً, وأن الأحداث الابتدائية مساوية لواحد صحيح، وإن الحدث يساوي مجموع الأحداث المكونة له.
كما أن استخدام قاعدة بيس يعني استخدام جميع قواعد الاحتمالات الشرطية والمتحدة والاحتمالية الحدية، وذلك لحل مشاكل أداء الشبكات وتحليل الإشارات.
إنّ استخدام التوزيع الاحتمالى يمثل دقة أعلى عند معرفة خصائص الحالة والعلاقات بينها, حيث إن التوزيع الاحتمالي المنقطع له. أمّا التوزيع المستمر فسيتخدم التوزيع الطبيعي، ويمكن توليد القيم عن طريق عمليه القياس.

كما أن استخدام التوزيع الطبيعي التقريبى خاصة عند إجراء التصحيح لأغراض الاستمرارية. ونستخدم التوزيع الطبيعي كتقريب للتوزيع ذي الحدين عندما تكون احتمالية النجاح مساوية لاحتمال الفشل. فيما عدا ذلك فإن استخدام التوزيع الطبيعى كتقريب لتوزيع بويسون تحت نفس الشروط. نرجو مراجعة الأمثلة والمسائل المحلولة والتدريبات, وإجاباتها، ومراجعة ذلك حتى تتمكن من استخدام تلك الأساليب في التعامل مع المشكلات الهندسية و في حالة المخاطرة, أو عدم التأكد, وتحل كل المسائل بهذا الخصوص.

والله وليّ التوفيق،،،،،،

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية:

عزيزي الدارس، الوحدة التالية تمثل دراسة نمذجة انظمة الحاسوب ومحاكاته, وتقدم طرقاً ومناهج لنمذجة النظم, وإجراء التحليلات المرتبطة بها من خلال وضع نماذج للمحاكاة.

إجابات التدريبات

تدريب (1)

اولاً: يضم جدول التوزيع التكراري وكالآتي:

القسم	مع التغير	ضد التغير	المجموع
الانتاج	370	380	750
الإداري	345	105	450
	715	485	1200

ثانياً: تحديد الاحتمالات:

1. احتمالية مع التغير P(Favor) = 0.569
2. احتمالية ضد التغير من القسم الإداري = p(Not Favor/ Office) = 0.087
3. **لكي تتحقق الاستقلالية، يجب أن يتحقق الشرط الآتي:**

احتمالية (مع التغير ومن القسم الإداري) – احتمالية (مع التغير), احتمالية (القسم الإداري) = 0.2875 = (0.5969) (0.431) = 0.2572

ولعدم تساوي قيمة الاحتمالين فإن مواقع الموقف ونوع العمل غير مستقلين, وبنفس الطريقة تحسب الاحتمالات لكل الأقسام, وفي جميع الحالات, للوصول إلى نفس الاستنتاج.

تدريب (2)

1. **تحديد القيم الاحتمالية:**

احتمالية الموقع A = P(A) = 0.40 , احتمالية إنتاج رديء من A = P(B/A) = 0.15

احتمالية الموقع B = P(B) =0.50 , احتمالية إنتاج رديء من B = P(B/B) = 0.10

احتمالية الموقع C = P(C) = 0.10 , احتمالية إنتاج رديء من C = P(B/C) = 0.25

2. استخدام قاعدة بيس على النحو الآتي:

$$P(A \mid B) = \frac{P(A)p(B \mid A)}{p(B \mid R_i)}$$

أي يراد تحديد كون المنتج رديئاً ومن الموقع A = احتمال الموقع A × احتمال رداءة المنتج ومن الموقعA

احتمال كون المنتج رديئاً ومن كل المواقع

$$\frac{(0.40)\ (0.15)}{(0.25)\ (0.10) + (0.50)\ (0.10) + (0.40\ )\ (0.15)} = 0.44$$

ويتم تحديد الاحتمال للموقع B و C بنفس الطريقة وكالآتي:

P (B|B) = (0.50) (0.10)=0.16

(C|B) = 0.3125

P(c/b0 = 1.0 – { P(A/b) + P(B/b) }

= 1.0 – { (0.30) + 0.31}

= 0.31

3. تصميم شجرة الاحتمال:

الاحتمال الحدي	الاحتمال الشرطي	الاحتمال الممتد
0.40 = P(A)	O.15 = P (B/A)	0.06 = P (A/B)
0.50 = P(B)	O.10 = P (B/B)	0.05 = P (B/B)
0.10 = P(C)	O.25 = P (B/C)	0.03 = P (C/B)
		0.14

4. الاستنتاج: إن الموقع A هو الموقع الأكثر احتمالاً ؛ وذلك لأن قيمة احتماليته أكبر من قيمة احتمال الموقعين B و C ، لذا فإن المواقع ترتب على النحو الآتي:

الموقع	الاحتمال	
A	0.37	لذا فإن الموقع A يحتاج إلى تغير في أنظمة الرقابة على الجودة.
B	0.31	
C	0.31	

تدريب (3)

1. توزيع التكرارات المجتمعة:

الأسهم	زيادة في الأسعار	لا توجد زيادة في الأسعار	المجموع
القطاع الخاص	30	20	50
القطاع المختلط	20	10	30
	50	30	

2. توزيع التكرارات النسبية:

الأسهم	زيادة في الأسعار	لا توجد زيادة في الأسعار	المجموع
القطاع الخاص	0.375	0.250	0.625
القطاع المختلط	0.250	0.125	0.375
	0.63	0.375	1.00

احتمالية (سهم من شركات القطاع الخاص لم تتزايد أسعاره) = 0.25

تدريب (4)

افترض أنّ:

احتمالية أن تسوّق الشركات المنافسة نفس المنتوج = P(F).

احتمالية أن لا تسوّق الشركات المنافسة نفس المنتوج = P(F).

احتمالية أن تنجح الشركة في تسويق منتجاتها = P(S)

1. تصميم شجرة الاحتمال:

الاحتمال الحدي	الاحتمال الشرطي	الاحتمال الممتد
0.40 = P(F)	احتمال النجاح مع التسويق المنافس (P(S/F)=0.30	احتمال النجاح والتسويق المنافس 0.12P(F?S)
0.60 = P(F)	احتمال النجاح مع عدم تسويق المنافس =0.80 P(S/F)	احتمال النجاح وعدم التسويق المنافس (P(E?S=0.48 0.60

2. تحديد الاحتمالات:

احتمالية عدم تسويق المنافس مع النجاح (P(F/S= P(F)P(S/F)

P(F). (S/F) + P(F). P(S/F) =

0.20 =

احتمالية تسويق المنافس مع النجاح = P(F)P(S/F)

P(F). (S/F) + P(F). P(F). P(S/F)

(0.60) (0.80) =

(0.60) (0.80) + (0.400 (0.30)

0.80 =

احتمالية النجاح في حالة التسويق وعدم التسويق =

احتمالية النجاح في عملية التسويق المنافس + احتمالية النجاح في حالة عدم التسويق المنافس

1.0 = 0.20 + 0.80 =

تدريب (5)

افترض أن:

الاثنتين متوفرتان = AA = SS

الأولى متوفرة = A , B

الثانية متوفرة = B , A

الاثنتان مشغولتان = BB

أ. احتمالية كون السيارتان مشغولتين = P(B, B)

( ) = (0.60) (0.40)

= 0.24

ب. احتمالية توفر سيارة على الأقل = P(B, A)

= احتمالية عدم توفر السيارتين + احتمالية واحدة أو اثننتين متوفرتان

= 1.0

احتمالية 1 أو أكثر متوفرة = 1.0 – احتمالية عدم توفر السيارتين

= 1.0 – 0.24 = 0.76

تدريب (6)

حل تدريب (6)الحل:

1. p (أقل من 3) = p(0) p(1) + p (2)
   = 0.0 183 + 0.0733 + 0.1465
   = 0.2381
2. p(8 أو أكثر) = p(8) + p(9) + … + p(n)
   = 0.0511

ملاحظة: جميع القيم مستخرجة من الجدول (2) في نهاية الكتاب.

3. p (أقل من 3) = p(0) p(1) + p (2)
   = 0.0 183 + 0.0733 + 0.1465
   = 0.2381
4. p(8 أو أكثر) = p(8) + p(9) + … + p(n)
   = 0.0511

ملاحظة: جميع القيم مستخرجة من الجدول (2) في نهاية الكتاب.

الحل:

أ. $p(1) = \frac{20}{1!19!}$

$=0.3774$

أو باستخدام جدول (1) الخاص بالتوزيع ذي الحدين فإن:

$p(1) = 0.3774$

ب. p(2 أو أكثر) = p(2) + p(3) + … + p(20)

= 1.0 – [p(0) + p(1)]

= 1.0 – [0.3583 + 0.3775]

= 0.2641

ج. $p(1 < x < 3) = p(1) + p(2) + p(3)$

= 0.774 + 0.1887 + 0.0596

=0.6257

د. $\sigma_x = n.p.q$

= 20(0.05) (0.95)

= 0.95

وإن 0.9747 = 0.95 = σ_x

هـ. إن التوصية تعتمد على النسبة التي تشكله (3) من (1000)، فإذا كانت النسبة كبيرة أولاً: وإذا كانت الوحدات بما لا يتجاوز (5) ثانياً: فيجب رفض الدفعة. ولما كانت 3 أقل من 5 فيجب الاحتفاظ بالدفعة.

مسرد المصطلحات

- **التوزيعات الاحتمالية: probability Distributions**

عندما تخرج القرارات من حيز التأكد وتصل إلى درجة المخاطرة أو عدم التأكد, عندها تنشأ الاحتمالات، ولا بد من تقنين تلك الاحتمالات المحاولة لسياقة مبررات ونظريات تخفف من درجه المخاطرة وعدم التأكد.

- **نظرية الاحتمال**: probability theory

أسلوب يعتمد على مبادئ وتقنيات علم الإحصاء، وهى أحد الأساليب الكمية لإقناع متخذ القرار بأن يرشد قراره عندما يكون في حالة المخاطرة وعدم التأكد, تعتمد النظرية على فضاء العينة والتجربة والأحداث الابتدائية, كخطوات تنظر بها نحوالمشكلة لنتعامل بها لترتيبها والوصول بها نحو الهدف.

- **تعريف الاحتمال:** probability Definition

هو النتائج التي يمكن أن تحدث تحت ظروف المخاطرة أوعدم التأثر, والتحديد احتمالية كل عطاء محتمل، عليه يجب معرفة الكثير من المفاهيم.

- **فضاء العينة:** Sample space

هو جميع الاحتمالات التي يمكن أن تحدث, أو مجموع العطاءات التي يمكن أن تنتج من الاختيار أو القرار.

- **التجربة:** Experiment

هي العملية التى تولد العطاءات ، مثلاً الجودة السابقة ويقصد بها الخبرة .

- **الأحداث الابتدائية:** Elementary ُEvents

هي العطاءات المتفردة للتجربة مثل جيد أو ردئ إلى الآخر.

- **قاعدة بيس:** Baye,s Rule

هى قاعدة تستخدم جميع قواعد الاحتمالات الشرطية والمتحدة والحدية، لحل مشاكل إدارة الأعمال، ويتم ذلك باستخدام جداول التكرار والتكرار النسبي للأحداث, ثم شجرة الاحتمال, حيث الاحتمال الحدي والاحتمال الشرطي.

- **شجرة الاحتمال:** Probable three

هي جدول أو مصفوفة تظهر في اعتمادها الاحتمال الحدي والاحتمال الشرطي والاحتمال الممتد.

ثم الاستنتاج بعمل مصفوفة لإيجاد القيمة الاحتمالية لكلٍ, المعرفة أكبر قيمة احتمال.

- **توزيع بويسون:** poisson probability

هو أسلوب يستخدم عند عدم الإمكانية, حسب عدد حالات الفشل, أو عدم ظهور الحدث.

- **التوزيعات الاحتمالية المستمرة:** Continuous probability Distribution

تتمثل في التوزيع الاحتمالي الطبيعي, وتستخدم المتغيرات التي تعطي قيماً متميزة ويمكن قياسها.

المصادرو المراجع

المراجع بالعربية

1. التميمي حسين عبد الله، **إدارة الإنتاج والعمليات** (مدخل كمي) الطبعة الأولى، دار الفكر، عمان 1997م.
2. حزوري نعيم **التخطيط والرقابة في المشروع**، منشورات جامعة حلب، حلب1990م.
3. **حسن عادل، تخطيط ومراقبة الإنتاج، مركز الإسكندرية للكتاب، الإسكندرية1995م.**
4. رجب عادل **إدارة الإنتاج**، منشورات جامعة حلب، حلب1986م.
5. الزعبي فايز **الرقابة الإدارية في منظمات الأعمال**1995م.

المراجع بالانجليزية

1. J.banks J.Carson and B Nelson. Discrete -Event System Simulation Third Edition Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey .USA.
2. MS Obaidat Simulation of Queueing Models in Computer Systems in Queueing Theory and Applications (S Ozekici Ed) pp.111-151 Hemisphere NY 1990 .
3. O Al-Jayoussi and B Sadoum: Simulation and optimization of an Irrigation System. Proceedings of the 1998 Summer Computer Simulation Conference SCSC :98 The Society for Computer Simulation International pp 425-430 Reno Nevada July 1998 .
4. M.S Obadiah (Guest Editor) Special Issue on Performance Modeling and **S**imulation of ATM System and Networks: Part II Vol 78 No 4 April 2002.
5. R Jain the Art of computer systems Performance Analysis Techniques for Experimental Design Measurement Simulation and Modeling Wiley-Interscience New York NY April 1991.
6. F E Cellier .Continuous System Modeling .Springer-Verlag .1991

7. M.Kirschnick .The Performance Evaluation and Prediction System for Queueing Networks PEPSY –QNS University of Erlangen –Nuremberg Institute For Mathematics Maschinen and Datenverarbritung IV Teech Report TR -14-94-18.Jun 1994.
8. D G Feitelson and M a Jete: Improved Utilization and Responsiveness with Gang Scheduling in Scheduling Strategies for Parallel Processing Lecture Note in Computer Science D G Feitelsin and L Rudolph (Eds) Springer –Verlang Berlin Vol 1291 pp 238-261-1997.
9. SP Dandamudi and H Yu : Performance of Adaptive Space Sharing Processor Allocation Poicies for Distributed –Money Multicomputer . Journal of Parallel and distributed Computer Academic Press Vol -58-pp-109+125-1999.
10. www.mesquite.com (for simulation and modeling)
11. National Instruments : Lab view : system Simulation and Design Toolset www.ni.com .
12. www.google.com.


الوحدة الرابعة
نمذجة أنظمة الحاسوب

محتويات الوحدة

الموضوع	صفحة
المقدمة	**141**
تمهيد	141
أهداف الوحدة	142
1. نمذجة أنظمة الحاسوب	**143**
1.1 شبكات نمط الانتقال غير المتزامن	144
2.1 نظرية الحد المركزية	146
3.1 نموذج اقل المربعات	149
4.1 تحليل التباين (أنوفا): ANOVA	150
5.1 عملية بويسون Poisson	151
6.1 طريقة مربعات المدرج التكراري	153
الخلاصة	**158**
لمحة مسبقة عن الوحدة	**158**
إجابات التدريبات	**159**
مسرد المصطلحات	**160**
المصادر و المراجع	**162**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس, إن مستعملي الحاسوب، والمديرين، والمصممين لديهم في العادة هدف واحد هو الوصول للأداءِ الأعلى و بأقل تكلفةِ. أصبحت نمذجة تصميم النظم المتبادلةِ ومحاكاتها هو الأمر السائد, وذلك بالتحضير الجيد للتصميمِ, وهندسة القراراتِ في أعمال العالم الحقيقي.

وفي هذه الوحدة سنَدْرسُ نمذجة أنظمةَ الحاسوب. ولا بد في البداية من الإلمام بكلٍ من المعرفة الصحيحة لتقنيات النمذجة والمحاكاةِ, والأنظمةِ المراد نمذجتها و محاكاتها.

يحتوي هذا القسم الرئيس على نمذجة أنظمة الحاسوب وهي تنقسم إلى ستة اقسام فرعية, حيث يتفرع إلى شبكات نمط الانتقال غير المتزامن, ونظرية الحد المركزية, ونموذج أقل المربعات, وتحليل التباين (أنوفا), وعملية بويسون, ثم أخيرا طريقة مربعات المدرج التكراري.

ستتخلل هذه الوحدة أنشطة, وتدريبات, وأسئلة تقويم ذاتي, وتختم بالخلاصة واللمحة المسبقة, وإجابات التدريبات, ومسرد المصطلحات, ثم المراجع.

نرجو التوفيق في فهم هذه الوحدة.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراستك هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تشرح كيفية معالجة نمذجة أنظمة الحاسوب.
2. توضح نظرية الحد المركزية.
3. تتعامل مع نموذج أقل المربعات وتحليل التباين.
4. تشرح عملية بويسون وطريقة مربعات المدرج التكراري.

1. نمذجة أنظمة الحاسوب

عزيزي الدارس، إن السؤال المطروح الآن هو: ما هي الحالات العملية التي يُمْكِنُ أَنْ تُستَعملَ فيها المحاكاة بالحاسوب؟ و بالأضافة إلى استعمال المحاكاة كأداة لفَهْم وتحسين أداء الأنظمةِ بشكل أفضل، فإن المحاكاة تُستَعملُ أيضاً على نطاق واسع لتَحقيق صحة التصاميمِ. كما أن أكثر الدوائر التكاملية الرقمية التي تصنع اليوم . إنْ لمْ يكن كُلّها . قد تمت محاكاتها أولاً على نطاق واسع قبل تصْنيعها؛ لتَمييز وتَصحيح أخطاءِ التصميمِ. إن استخدام المحاكاة مبكراً في دورةِ التصميم مهمةٌ؛ لأن تكلفةَ إصلاح الأخطاء تَزِيدُ بشكل مثير في دورةِ حياة المُنتَج التي تكشف فيها الخطأَ في المراحل المتقدمة . التطبيق المهم الآخر للمحاكاةِ هو في تَطوير "البيئات الإفتراضية"، ومثال على ذلك التدريب. وبالمثل فإن "Holodeck "في رحلة عبر النجومِ, وهو برنامجِ شعبي لتلفزيون الخيال العلمي، حيث تُولّدُ محاكاةَ لبيئاتَ ديناميكيةَ تمكن المستعملين من التفاعل "كما لو أنَّهم كَانوا حقاً هناك". ومثل هذه المحاكاةِ مستعملة اليوم على نطاق واسع لتَدريب أفراد الجيشِ في أثناء ساحةِ المعركة، بجزء ضئيل من التكلفة لإجراء التمارينِ التي تَتَضمّنُ دبابات حقيقيةَ، وطائرات...إلخ.

إن النمذجة الديناميكية في المنظماتِ تعتبر القدرة الجَماعية التي تساعد علىَ فهْم نتائجِ التغييرِ بمرور الوقت. وتقع هذه المهارة في قلبِ عمليةِ القرارِات الإستراتيجيةِ الناجحةِ. إن توفير نمذجة بصريةِ فاعلة للمُحلّلِ وصانعِ القرار، ومحاكاتِها يساعد في رَفْع قرارِهم الديناميكي بالتَدْريب على الإستراتيجيةِ لتَجَنُّب وإزالة المخاطرِ.

وكما ذكرنا سابقا، فإن محاكاة النظامِ هو تقليد لسلوك التشغيل أوعمل النظام الحقيقي، مثل العمليةِ اليوميةِ بالمصارف، أَو قيمة أسهمِ محفظة البنوك في فترة زمنية محددة، أَو تشغيل نظامِ خطوط التجميع في مصنع، أَو تخصيص موظّفين في مستشفى أَو شركة أمنِ الحاسوب. فبدلاً مِنْ بناء نماذج رياضية شاملةَ مِن قِبل الخبراءِ، فإن برامج المحاكاةِ المتوفرة يمكنها بكل سهولة من تَشكيل وتَحليل عمليةِ نظام حقيقي بغيرِ خبراءِ.

إن المحاكاة هي تنفيذ النموذج الذي تم تمثيله ببرنامج حاسوبِ والذي يَعطي معلومات حول النظامِ المراد تحقيقه. إنّ طريقة المحاكاة لتَحليل النموذج تعارضُ المنهج التحليلي، حيث إنَّ طريقة تَحليل النظامِ عبارة عن طريقة نظرية تماماً. وبما أن هذا الأسلوب موثوق أكثر، فإن منهج المحاكاة يعطي مرونةَ وراحةَ أكثرَ. إنّ نشاطات النموذجِ تَشْملُ الأحداث التي تنشط في بَعْض النقاطِ, بمرور الوقت وبهذه الطريقة تُؤثّرُ على الحالةِ العامّةِ للنظامِ. النقاط التي تنشط بالحدث في بعض الأوقات, تحدث بصورة عشوائية، لذا فلا تطلب أي مساعدة من خارج النظام. إن الأحداث المتقطعة تحدث بطريقة ذاتية، لذا لا يحدث شيء في الفترة بين الحدثين. وتقدم نظم المحاكاة أسلوبا لكتابة برامج المحاكاة, أساسه الاعتماد على العمليات. وفي هذا الأسلوب، نجد أن مكوّنات البرنامجِ تضم الكياناتِ، التي تَدْمجُ الأحداث ذات العلاقة في عمليةِ واحدة.

إن مفهوم "مبدأ المكافأةِ الحسابيةِ"، في مجال المحاكاةِ، لَهُ نتائجُ مفيدةُ لصانعِ القرار. ويُعجّلُ محاكاة التجارب ويَستبدلُ عملياً بطريقة "تمهّلْ وانتظر النتائج" بعدم التخوف من اكتِشاف الأفكار الجديدةِ, وتفسيراتِ السلوكِ المستقبليِ للنظامِ الحقيقي. ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي:

1.1 شبكات نمط الانتقال غير المتزامن

(Asynchronous Transfer Mode (ATM))

إذا كنت مصممَا لمقسم جديد لشبكات نمط الانتقال غير المتزامنِ (asynchronous transfer mode (ATM)), وهي تقنية تحويل جديدةِ ظَهرتْ في الأسواقِ في السَنَوات الأخيرة، وتريد أن تتأكد من ضمان نجاحِ هذا المُنتَجِ في هذا الحقل التنافسي، فمن المهم أن تُصمّم المقسم لإنْتاج الأداءِ المحتملِ الأعلى, بينما تبقى تكلفة التصنيع معقولة. ولذلك لا بد من طرح أسئلة عملية مثل: ما هو مقدار سعة ذاكرة المقسم؟ و هَلْ الذاكرة يَجِبُ أَنْ ترتَبطَ بوصلاتِ الإتصالِ إلى رسائل الذاكرة الوسيطة حسب الوصول؟، أَم هَلْ يَجِبُ أَنْ ترتَبط بالوصلاتِ الخارجةِ لحَمْل الرسائلِ التي تتَنَافُس

لاسْتِعْمال نفس الوصلةَ؟ علاوة على ذلك، ما هي أفضل منظومةِ لمكوّناتِ أجهزةِ المقسم؟ هذه بعض الأسئلةِ التي يَجِبُ أَنْ تُجيبَ عليها عند الحديث عن التصميم.

وبتكاملِ علم الذكاء الاصطناعي، وبرامج الوكيل, وبعض تقنيات النمذجة الأخرى، تصبح المحاكاة فاعلة وملائمة في دعمَ قرارِ المديرين . وبفضل دَمْج العلْومِ الحديثة المتجهة نحو التعقيدِ مع تقنيةِ المحاكاة المُشَاعةِ حديثاً، فقد استطاعت مجموعة الحلولَ الظاهرة ببناء برامج تَسْمحُ للإدارة العليا بأن تؤدي بأمان سيناريوهات "ماذا لو What if" في العوالمِ الاصطناعيةِ. على سبيل المثال، في بيئة البيع بالقطاعي للمستهلكِ, فمن الممكن أن تُستَعملَ المحاكاة لاكتِشاف كيفية تقليد أدوار المستهلكين والمستخدمين لإنْجاز الأداءِ البالغ في وقت الذروةِ.

إحصائيات البياناتِ المَرْتبطةِ:

يجب أن نركز أولا على عدد من الحقائق n, التي تتَعَلّق بالوقتِ، ولها n من الملاحظات؛ إنّ تقدير الوسيطِ يمكن أن يمثل بالقانون التالي:

$$mean = \Sigma X_i / n,$$

حيث إن المجموع يحسب من:

$$i = 1 \text{ to } n.$$

افرض أنّ:

$$A = \Sigma [1 - j/(m + 1)] \rho_{j,x}$$

حيث إّن المجموع يحسب من:

$$j = 1 \text{ to } m,$$

كما أن التباين المقدر يحسب كالآتي:

$$[1 + 2A] S^2 / n$$

Where

S^2 = the usual variance estimate

$\rho_{j,x}$ = the jth coefficient of autocorrelation

m = the maximum time lag for which autocorrelations are computed, such that j = 1, 2, 3, ..., m

تحديد حجمِ العيّنةِ:

يُمْكِنُنا أَنْ نَحْسبَ حجمَ العيّنةِ الأدنى المطلوب كما يلي:

$$n = [1 + 2A] S^2 t^2 / (\delta^2 mean^2)$$

2.1 نظرية الحد المركزية

عزيزي الدارس، ماهي نظرية الحدِّ المركزيةِ؟

للأغراضِ العمليةِ، فإن الفكرة الرئيسة لنظريةِ الحدِّ المركزيةِ (central limit theorem (CLT)), هي ذلك المعدل لعيّنة الملاحظاتِ التي سَحبَت مِنْ بَعْض المجتمعات بأيّ شكلٍ من أشكال التوزيعات المعروفة, مثل التوزيع الطبيعي إذا اجتمعت له بَعْض الشروطِ. وفي الإحصائياتِ النظريةِ, هناك عِدّة نسخ معتمدة لنظريةِ الحدِّ المركزيةِ, تعتمد على كيفية تحديد هذه الشروطِ. وهذه الشروط تهتم بأنواعِ الفرضياتِ القريبة من التوزيعِ الأصلِي للمجتمع (المجتمع الذي سحبت منه العيّنة), وإجراء أخذ العينات الفعلي.

إن أبسط النسخِ لهذه النظريةِ تَقُولُ: إنّه إذا أخذ عينة عشوائية مِنْ حجمِ n حيث n أكبر مِنْ 30) مِنْ مجتمع لا نهائي، و انحراف معياري محدود، فإن متوسط العيّنةِ القياسي يَتلاقى مع التوزيع الطبيعي القياسي، أَو بشكل مكافئ، فإن متوسط العيّنةَ يَقتربُ من التوزيع الطبيعي المناظر بمتوسطِ يقترب من متوسطِ المجتمع والانحراف المعياري يَساوِي الانحراف المعياري للمجتمع, مقسوما على الجذر التربيعي لحجم العينة n. وعلى أية حال، فإن خبراء الإحصاء يريدون أن تكون تطبيقات نظريةِ الحدِّ المركزيةِ في المسائل العمليةِ في الاستدلالِ الإحصائي، أقرب ما يكون للتوزيعِ التقريبي للعيّنةِ, شبيها بالتوزيع الطبيعي لحجمِ العيّنةِ المحددةِ، بدلا مِنْ التوزيعِ المُحدّدِ نفسه. وهناك اتفاقية أخرى قَريبة من التوزيع الطبيعي تَسْمحُ لخبراء الإحصاء باسْتِعْمال النظريةِ الطبيعيةِ لجَعْل الاستدلالاتِ حول معالم (معلماتِ) المجتمع, (مثل الوسيطِ) باستعمال متوسطَ العيّنة، بصرف النّظر عن الشكلِ الفعلي للمجتمع الأصلِي.

نشاط



ناقش هذه العبارة.

إن علم الذكاء الصناعي والبرامج, أو الإدارة من خلال البرامج مضافا إليها تقنيات النمذجة, يمكن أن تدعم قرار المدير في الوصول إلى القرار الأمثل.

ومن المعروف سلفا أنه مهما يكن حال المجتمع الأصلي، فإن المتغيّر القياسي سَيكونُ له توزيع بمتوسط يساوي 0 ,وانحراف معياري 1 عند أخذ العينة العشوائيةِ. علاوة على ذلك، فإذا كان المجتمع الأصلِي طبيعيّا، فيكون مُوَزَّعا بالضبط كمتغيّر طبيعي قياسي عند استخدام أيّ عدد صحيح موجب n. و تُصرّحُ نظرية الحدِّ المركزيةِ بالنتيجةِ الرائعةِ, وهي أنه حتى عندما يكون المجتمع الأصلي في غير وضع طبيعي، فإن المتغيّر القياسي سيكون طبيعيا تقريباً, إذا كان حجم العيّنة كافيا و كبيرا (أي أكبر من 30). وعموماً، فلَيسَ من المحتمل ذِكْر الشروطِ التي يتوفر فيها التقريب الذي تفرضه نظرية الحدِّ المركزيةِ, والذي يَختبرُ الأحجام المطلوبة قَبْل أَنْ يُصبحُ التقريب جيدا بما فيه الكفاية. وكتوجيه عامّ، فقد استعملَ خبراء إحصائيون الوصفةَ التالية: وهي أنه إذا كان التوزيع الأصلِي قصيرا ومتماثلا ومُتَعَقّبا نسبياً، فإن متوسط العيّنة يَصِلُ إلى حالة التقريب الطبيعي للعيناتِ الصغيرة، لا للمجتمع الأصلِي شديدة الالتواء.

في هذه الفقرة، سَنَدْرسُ سلوكَ متوسطِ عيناتِ الأحجام المختلفةِ، وذلك بسَحبَها مِنْ تَتشْكِيلة المجتمع الأصلِي. إن فَحْص توزيعات العينات لمتوسطات العيّنةِ المحسوبة مِنْ عيناتِ الأحجام المختلفةِ التي سَحبتْ مِنْ تَشْكِيلة التوزيعاتِ، يَسْمحُ لنا بكَسْب بَعْض الأفكار لمعرفة سلوكِ متوسطِ العيّنة تحت تلك الشروطِ المعيّنةِ, بالإضافة إلى فْحص صلاحية التعليماتِ التي ذُكرتْ سابقا لاستعمال نظريةِ الحدِّ المركزيةِ عملياً.

تحت بَعْض الشروطِ، للعيناتِ الكبيرةِ، فإن توزيع العينة لمتوسطِ العيّنة, يُمْكِنُ أَنْ يُقرّبَ إلى التوزيع الطبيعي. ولكي يكون حجم العيّنة التي تحتاج للتقريبِ صحيحا, فإن ذلك يَعتمدُ بقوة على شكلِ التوزيعِ الأصلِي. كما أن التناظر مهمُ جداً لتوزيع أصلي متماثل،

حتى إذا اختلف عن شكلِ التوزيع الطبيعي، فيُمْكِنُ الحصول على تقريب كافٍ للعيناتِ الصغيرةِ.

```
''Central Limit Theorem Justification''

Preamble

Define X, XBAR as a real 1-dimensional arrays

Define I, J, M, N as integer variables

End

Main

Open 3 for output, Name = "CLT.OUT"
Use 3 for output
LET N=50
LET M = 1000
Reserve X(*) as N
Reserves XBAR(*) as M
For J = 1 to M
DO
         For I = 1 to N
           DO
           X(I) = Uniform.f(1., 0., 1)
           Compute
           XBAR (j) as the average of X(i)
           Loop
           Compute
           Ave as the average of XBAR(j)
Compute
```

```
ST as the standard deviation of XBAR(j)
Loop
LL = Ave -1.96*ST/SQRT.F(real.f(M))
UL = Ave + 1.96*ST/SQRT.F(real.f(M))
            For J =1 to M
            Do
            IF XBAR(j) < LL  AND  XBAR(j) > XU

            Let Count = Count + 1
            Always
            Loop
            Print 1 line with Count/M thus
            The P-value is = *****
END
```

3.1 نموذج أقل المربعات

ما هو نموذج أقلّ المربعاتِ؟ Least Squares Model

أغلب المشاكلِ التي تحصل أثناء تَحليل البياناتِ, تنتج نتيجة لعدم وجود وصف واضح لكيفية العلاقة بين المتغيّرات . أبسط النماذج التي تَصِفُ العلاقةَ بين متغيّرين, هو النموذج الخطيّ، أَو نموذج الخَطّ المستقيم. وإنّ الطريقةَ السهلة لتطبيق النموذج الخطي ل"مقلة العين " للخَطّ عبر البياناتِ بواسطة الرسم. وأكثر الطرق قبولا، و تقليدية هي تلك الطريقة التي تسمى ب "أقلّ المربعاتِ"، الذي يقوم بإيَجاد الخَطَّ الذي يُقلّلُ طول المسافة

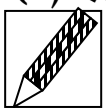
بين النقاطِ المُلاحَظةِ والخَطِّ المُلائَمِ•

ومن الواضح أن ملاءمة الخَطّ الأفضل بالعينِ أمر صعب، خصوصاً عندما يكون هناك الكثير مِنْ المتبقي من المتغيّرِات في البياناتِ.

ليكن معلوما لديك بأنّ هناك اتّصال بسيط بين المعاملاتِ العدديةِ في معادلةِ الانحدار والميل واعتراضِ خَطِّ الارتدادِ.

ومن المعلوم أيضا أنّ إحصائية عاجلة وواحدة مثلا للحصول على معامل الارتباطِ لا تعبر عن القصّة الكاملة. وإن الرسم المشتت أو المبعثر يعتبر ضروريا لتكملة فَحْص العلاقةِ بين المتغيّرين.

تدريب (2)



ارسم مقلة العين باستخدام نموذج أقل المربعات, أولاً احصل على الرسم الجيد للعين، ثم حاول محاكاة الرسم بطريقة المربعات.

4.1 تحليل التباينِ (أنوفا)

ANOVA: ANalysis Of VAriance

إن الاختبارات التي تَعلّمنَاها حتى هذه النقطةِ, تَسْمحُ لنا باختِبار الفرضياتِ التي تَفْحصُ الاختلافَ بين وسيطين فقط. أما تحليل التباينِ أَو أنوفا سَيَسْمح لنا باختِبار الاختلافِ بين وسيطين أَو أكثرِ. ويحقق أنوفا ذلك بفَحْص نسبةِ التغيّرِ بين الشرطين, والتغيّيرِ داخل كُلّ شرط. على سبيل المثال، إذا أعطينا مجموعة من الناس علاج نَعتقدُ أنه سَيُحسّنُ ذاكرةَ مجموعة من الناسِ ونعطي مجموعة أخرى علاجاً مموّهاً. قَدْ نَقوم بقِياس أداء الذاكرةِ بتَذكّر عددِ الكلماتِ التي نطلبها من كُلّ شخص نريد منه الاستَذكّارَ، إن اختبار تي يُقارنُ إمكانيةَ مُلاحَظَة الاختلافِ في العددِ المتوسطِ للكلماتِ التي تتَذكّرَ كُلّ مجموعة. أما اختبار أنوفا، من الناحية الأخرى، فيُقارنُ التغيّرَ الذي نُلاحظُه بين الشرطين للتغيّرِ الذي لاحظنَاه ضمن كُلّ شرط. تذكّرْ أنّنا نَقِيسُ تغيّراً كقيمة اختلافِ كُلّ نتيجة مِنْ المتوسطِ. ونحن عندما نحسب تحليل التباين أنوفا, فإننا في الحقيقة سَنَستعمل الصيغة المختصرة.

وهكذا، عندما يكون التغيّر الذي نَتوقّعُه (بين المجموعتين) أكبر بكثير مِنْ التغيّرِ الذي لا نَتوقّعُ (ضمن كُلّ مجموعة), سَنَستنتجُ بأنّ هذه المعالجة جاءت بنَتائِجَ مختلفةٍ.

دالة الكثافةِ الأسّيةِ Exponential Density Function

هي صنف مهم لمشاكلِ القرارِ التي تحدث نتيجة لعدم التأكد, ويتتعلّقُ بالفرص بين الأحداثِ. على سبيل المثال، فرصة طولِ الوقتِ قبل توقّفِ الماكنة لا تَتجاوزُ وقتاً محدداً، مثل التوقع بعدم توقف الماكنةِ النَاسِخةِ في المكتبِ في هذا الأسبوعِ.

يُعطي التوزيع الأسّي توزيع الوقتِ بين الأحداثِ المستقلةِ التي تَحْدثُ بنسبة ثابتة. وأن دالة كثافتها هي:

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t),$$

حيث إنَّ λ العدد المتوسط للأحداثِ لكلّ وحدةِ وقتِ، وهو عدد موجب.

إنّ المتوسطَ والتغيير للمتغير العشوائي بين الأحداثِ هو $1/\lambda^2$ and $1/\lambda$ على التوالي.

من تطبيقات الدالة الأسية التقييم الاحتماليَ للوقتِ بين وصولِ المرضى إلى الغرفةِ الطارئةِ بالمستشفى، ووصول السُفنِ إلى ميناء معيّن.

5.1 عملية بويسون Poisson

وصنف آخر مهم لحل مشاكلِ القرارِ التي تقع تحت عدم التأكد, وتتميز بضعف الفرصة لحدوثِ حدث معيّن، مثل الكوارث. ويُعطي نسبة احتمال قيمته x حدث مستقل أثناء فترة زمنية محددة, إذا حدثت الأحداث بشكل مستقل وبنسبة ثابتة. **وقَدْ يُمثّلُ أيضاً عددَ الحوادثِ على المساحات أَو الأحجام الثابتةِ. وتَصِفُ البياناتُ التاليةُ عمليةُ** Poisson:

1. **حدوث الأحداثِ بصورة مستقلة.** حدوث الأحداثِ مِنْ مجموعة الفرضياتِ في فترةِ الفضاءِ أَو الوقتِ لَيْسَ لهُما تأثيرُ على احتمالِ حدوث حدث ثانٍ.
2. نظرياً، فإن **عدد الحوادثِ يَجِبُ أَنْ يَكُونَ لانهائي و محتملَ في الفترةِ.**
3. إنّ **احتمالَ وقوع حدثِ وحيدِ في فترة محددة تتناسب تناسبا طرديا مع طولِ الفترةِ.**
4. **يمكن تجاهل احتمال وقوع أكثر مِنْ حدث واحد، في فترة زمنية صغيرة متناهية الصغر.**

و تَستعملُ عملية Poisson في أغلب الأحيان، على سبيل المثال في مراقبة الجودةِ، والموثوقية، وطلب التأمينِ، وعدد المكالمات الهاتفيةِ الواردة، ونظرية الاصطفاف.

تطبيق: إحدى أكثر التطبيقاتِ المفيدةِ لعمليةِ Poisson في مجال نظريةِ الاصطفاف. ففي العديد مِنْ الحالاتِ حيث تتكون الصفوف التي يحْدثُها القادمون من الناسِ, فيَنضمّونَ إلى الصف في مدَّة زمنية محددة حسب نموذج Poisson . على سبيل المثال، إذا كانت نسبة القادمين إلى غرفةِ الطوارئ هي λ لكلّ وحدةِ زمنية من الوقتِ (مثلا 1 ساعة)،فإن العملية تعبر عنها رياضيا كما يلي:

$$P (n \text{ arrivals}) = \lambda^n \ e^{-\lambda} / n!$$

إنّ المتوسطَ والتباين في المتغير العشوائي n هو λ . ولكن إذا تساوى المتوسط والتباين للمتغير العشوائي, وأصبح لديهما قيم عدديةُ مساويةُ، فإنه لَيسَ من الضروري أنّ يكون توزيعهما Poisson.

التطبيقات:

$P (0 \text{ arrival}) = e^{-\lambda}$
$P (1 \text{ arrival}) = \lambda \ e^{-\lambda} / 1!$
$P (2 \text{ arrival}) = \lambda^2 \ e^{-\lambda} / 2!$

وهكذا.

وعلى العُموم:

$P (n+1 \text{ arrivals}) = \lambda \ Pr (n \text{ arrivals}) / n.$

دالة الكثافةِ الموحّدةِ (المنتظمة)

التطبيق: يُعطي احتمال تلك الملاحظةِ التي تحْدثُ ضمن فترة معيّنة عندما يكون احتمال الحدوثِ ضمن تلك الفترةِ, يتناسب تناسبا طرديا مباشرة مع طولِ الفترةِ.

أمثلة للاستخدام:

يُستَعملُ لتَوليد الأعدادِ العشوائيةِ في أخذ عينات ومحاكاةِ مونتي كارلو.

إنّ الدالة الكلية للوسط الهندسي للأعداد n المنتظمة المستقلة [0,1]:

$P(X = x) = n\, x^{(n-1)} (\text{Log}[1/x^n])^{(n-1)} / (n-1)!.$
$z_L = [U^L-(1-U)^L] / L$

6.1 طريقة مربعات المدرج التكراري

لدينا مدرج تكراري، ذو أعمدة رأسية، وارتفاعها يتناسب تناسبا طرديا مع الاحتمالِ الذي نُريدُ إيجاده بالقيمةُ التي نشير إليها بالعلامةِ في القاعدةِ.

ويمكن تمثيل هذا المدرج التكراري البسيط كما يلي:

a :**********32
b :**********27
c :**********26
d :**********12
e :***3

إنّ الفكرةَ هي أَنْ تَقْطعَ الأعمدة إلى قِطَعٍ متساوية, ثمّ تُعيد تجميعها في شكل مدرج تكراري مربّع، وبكُلّ عمود نهائية, عِنْدَها يُنزّلُ جزءٌ، بالإضافة إلى جزءٍ أعلى يُشيرُ إلى المكان الذي جاء منه . إن المتغير العشوائي الموحّد الوحيد U يُمْكِنُ أَنْ يُستَعملُ لاخْتيارَ أحد الأعمدة النهائية, و أيضا للإشارة إلى استعمالَ الجزءَ الأسفل أَو الأعلى. وهناك عدّة طرق لقطع هذه الأجزاء وإعادة تجميعها, إلا أن الأسهل كما يَبْدو هي خوارزميةَ روبن هود: وهي أسلوب الأخذ مِنْ الغني وإعطاء الفقير لرَفْع المعدلِ.

الخطوة 1: المدرج التكراري(أفقي) الأصلي، متوسط "الإرتفاع" 20:

STEP 1: The original (horizontal) histogram, average "height" 20:

a:********** 32
b:********** 27
c:********** 26
d:********** 12
e:*** 3

خُذْ 17 مِنْ الشريطِ 'a ' وأضفه للشريطِ 'e ' ليرتفع معدله. ثم سجل المتبرع واستعمل مستوى الفقير القديم؛ ليَشير إلى الجزءِ الأقل للمانح

a:********** 15
b:********** 27
c:********** 26
d:********** 12
e:**|**********| 20 (a)

ثمّ زد لـ 'd ' 8 من المتبرعِ .'b ' ليصبح قيمته 19 المتبرع القياسي, وتستعملُ مستوى الفقير القديم لتَشر إلى الجزءِ الأقل للمانح

a:********** 15
b:********** 19
c:********** 26
d:**********|*******| 20 (b)
e:******|**********| 20 (a)

ثمّ زد لـ 'a ' 6 ليرتفع معدله من المتبرعِ .'c ' لتصبح قيمته 20 المتبرع القياسي وتستعملُ مستوى الفقير القديم لتشر إلى الجزءِ الأدنى للمانح

a:**********|***| 20(c)
b:********** 19
c:********** 21
d:**********|*******| 20(b)
e:******|**********| 20(a)

و أخيراً، زد 1 لـ 'b ' ليرتفع معدله من المتبرعِ 'c ' ؛ لتصبح قيمته 20 المتبرع القياسي، وتستعملُ مستوى الفقير القديم لتشر إلى الجزءِ الأدنى للمانح

a:**********|****| 20(c)
b:**********|| 20(c)
c:**********| 20
d:**********|*******| 20(b)
e:******|**********| 20(a)

ويكون لدينا الآن" مربّعُ مدرج تكراري"، وبمعنى آخر مستطيل به 4 أشرطةِ متساويةِ، كُلّ شريط بمنطقتين. ويمكن الآن استخدام متغير منتظم وحيد من النوع U, لتَوليد القيم **a,b,c,d,e** بالاحتمالاتِ المطلوبةِ، **32., 27., 26., 12. 03.**

تجهيز الجداول

V[1]=a K[1]=c T[1]=0+16/20
V[2]=b K[2]=c T[2]=1+19/20
V[3]=c K[3]=c T[3]=2+20/20
V[4]=d K[4]=b T[4]=3+12/20
V[5]=e K[5]=a T[5]=4+ 6/20

عملية التوليد

Let j be the integer part of 1+5*U, with U uniform in (0,1).
If U < T[j] return V[j],
Else return V[K[j]].

إختبار العشوائية Randomness

قد نَحتاجُ لاختِبار كل من العشوائية randomness, بالإضافة إلى الانتظامية Uniformity. الاختبارات يُمْكِنُ أَنْ تُصنّفَ في نوعين:

- الاختبارات التجريبية أَو الاختبارات الإحصائية.
- الاختبارات النظرية.

وتَتعاملُ الاختباراتُ النظرية مع خصائص المولّدِ الذي يستخدم لخَلْق الإدراكِ بالتوزيعِ المطلوبِ، ثم لا ينْظرُ إلى العددِ المولد مطلقاً. على سبيل المثال، يجب أن لا يُستعمل المولّد ذو المقدرات الضعيفة لتَوليد الأعدادِ العشوائيةِ.

أما الاختبارات الإحصائية, فهي تستند فقط إلى الملاحظاتِ التي تولد عشوائيا.

اختبارات العشوائية Randomness

أ. اختبار الاستقلالِ:

ارسم الشكل xi مع xi +1 لمعرفة الاستقلال بين المتغيرات. إذا كان هناك عدم استقلال، فإن الرسم البياني يبين أنماطا مُتميّزة مطلقاً، و لكن سَتكُونُ متفرّقة جداً.

ب. اختبارات التشغيل. (فترات سابقة، وفترات لاحقة).

ويعتبر هذا النوع من الاختبارات بأنها مباشرة لاختبارَ فرضيةِ الاستقلالَ. هناك نوعان للاختبارِ أحدهما يستند على التقريب الطبيعي, والآخر يستند على التقريبات العددية.

الاختبار المستند على التقريبِ الطبيعيِ:

افترضْ أن لَكَ N رقما عشوائيا. وليَكُنُ a العددَ الكليَّ لمَرّاتِ التشغيل بالتسلسل. إذا كان عدد المَرّاتِ الإيجابيةِ والسلبيةِ أعظم مِنْ 20، فإن توزيع a يقتَرّبُ إلى حدّ معقول مِن قِبل التوزيع الطبيعي وبمتوسطِ

(2N - 1) /3
And
(16N - 29) / 90.

ج. اختبارات الارتباطِ:

هَلْ الأعداد العشوائية تستطيع أن تعرض مستندا قانونيا قابلا للإدراك ويمكن فهمه؟ من الممكن استخدام دالة ارتباط العيّنةُ Autocorrelation للقيام بذلك.

اختبار التوزيعِ التكراري والتوزيع الموحّدِ:

ويستعمل اختبار Kolmogor Smirimov لمعرفة إذا ما كان هذه الدالة توافق U(0,1) أم لا.

أسئلة تقويم ذاتي



1. حدد الحالات التي يمكن أن تصلح وتستعمل فيها المحاكاة بالحاسوب.
2. كيف استخدم الخيال العلمي عبر التلفزيون نظم المحاكاة في تطوير البيئات الافتراضية؟.
3. اشرح معنى شبكات الانتقال غير المتزامن ووضح.
4. ماهي نظرية الحد المركزية؟.
5. ما هو نموذج أقل المربعات؟.
6. تحليل التباين انونا يسمح باختيار الاختلاف بين وسطين أو اكثر وضح.
7. عملية بويسون مهمة لحل مشاكل القرار التي تقع تحت ظل عدم التأكد. كيف؟
8. اشرح طريقة مربعات المدرج التكرار.
9. ما هي علاقة خوارزمية روين هود بمربعات المدرج التكراري؟.

الخلاصة

عزيزي الدارس، إن النمذجة تستعمل فيها المحاكاة بالحاسوب, كما أن أكثر الدوائر التكاملية التي تصنع اليوم تتم المحاكاة فيها أولاً قبل التصميم وتصحيح أخطاء التصميم، فنظرية الحد المركزية إذا توافرت بعض الشروط فهى تتلاقى مع التوزيع الطبيعي القياسي.

بالمسبة لنموذج أقل المربعات, تذكر أن أوراق الرسم البياني لها مربعات متساوية, وتصلح لمحاكاة الصدر والرسم المتشتت, أو المبعثر، أمّا تحليل التباين (أنوفا) ،فهو يخصّ محاكاة واختبار الاختلاف بين وسطين أو أكثر ويحقق أنوفا نسبة التغير بين الشرطين والتغير داخل كل شرط.

عملية بويسون (Poisson) مهمة لحل مشاكل القرار الذي يقع تحت عدم التأكد, ويتميز بضعف الفرصة لحدوث حدث معين, مثل الكوارث, ويطبق في مجال نظرية الطوابير في حالة حدوث الأحداث بصورة مستقلة، عدد الحوادث لا نهائي ومحتمل في الفترة, وكذلك احتمال وقوع حدث وحيد في فترة محددة تتناسب طرديا مع طول الفترة, ولذلك يمكن تجاهل احتمال وقوع أكثر من حدث واحد في فترة زمنية قصيرة .

دالة الكثافة الموحدة المنتظمة تحدث عندما يكون احتمال الحدوث ضمن تلك الفترة متناسبا طردياً ومباشراً مع طول الفترة, وتستعمل من توليد الأعداد العشوائية في أخذ عينات ومحاكاة مونتي كارو.

طريقة مربعات المدرج التكراري تهيء الأعمدة رأسيا, وارتفاعاها يتناسب تناسبا طردياً مع الاحتمال الذي تريد إيجاده بالقيمة, حيث يتم تعديل الأعمدة ذات الأطوال المختلفة، لتصبح في شكل مدرج تكرار في شكل مستطيل.

وفي الختام نرجو التوفيق في دراسة الوحدة التالية.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

محاكاة الأنظمة هي عنوان الوحدة التالية, وهي معلومات حول نمذجة ومحاكاة النظم عامة, ونظام الأحداث المتقطعة خاص.

إجابات التدريبات

تدريب (1)

أولاً: الحصول على رسم للعينة بأي حجم, ثم القيام بتخطيط الرسم بطريقة الرسم البياني, مربعات متساوية، ثم الحصول على ورقة رسم فارغة للقيام بتخطيطها مربعات متساوية أكبر أو أصغر من تلك، وبترقيم تلك المربعات البنائية يمكن تقليد الرسم لإيجاد الخط الذي يقلل طول المسافة بين النقاط الملاحظة والخط الملائم, وهي أكثر الطرق روعة وتقليدية في محاكاة الواقع.

مسرد المصطلحات

- **الازمان البينية لوصول طالبي الخدمة:** Inter- Arrival Time

الزمن مستمر أما طالبو الخدمة فإن قدومهم يتم بشكل عشوائي متقطع.

- **عمليات الخدمة** Service Time

هي الفترة التي تُمضى أثناء تقديم الخدمة للعميل الواحد.

- **شيكات الانتقال غير المتزامن (A T M) Synchronous Transfer Mode**

هي تقنية تحويل ترتبط بوصلات الاتصال إلى الرسائل ال ذاكرة الوسيطة , فهي بمثابة مقسم لإنتاج الأداء المحتمل الأعلى بتكلفة تصنيع معقولة , وتتكامل مع علم الذكاء الاصطناعي والبرمجة, وبفصل دمج العلوم الحديثة قد قُدّمت مجموعة حلول تسمح للإدارة العليا بأن تؤدي بأمان سناريوهات ماذا لو (What If).

- **نموذج أقلّ المربعاتِ Least Squares Model**

تستخدم مربعات الرسم البياني في تصغير أو تكبير الصور, وهي الأكثر روعة في تقليل محاكاة الرسم المشتت أو المبعثر, وتعتبر ضرورية لتكملة فحص العلاقة بين المتغيرين.

- **تحليل التباين (أنوفا)** ANOVA: Analysis of Variance

يسمح باختبار الاخلاف بين وسيطين أو أكثر، والتغير داخل كل شرط.

- **دالة الكثافةِ الأسّيةِ: Exponential Density Function**

تتعلق بالفرص بين الأحداث، يعطي التوزيع الأسي توزيع الوقت بين الأحداث المستقلة التي تحدث بنسبة ثابتة, وأن دالة كثافتها هي:

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t),$$

- **عملية بويسون** Poisson

مهمة لحل مشاكل القرار التي تقع في ظل عدم التأكد, وتتميز بضعف فرصة الحدوث لحدث معين, مثل الكوارث وأيضاً في رقابة الجودة، والموثوقية والمكالمات الهاتفية الواردة, ونظرية الصفوف.

- **نظريةِ الحدِّ المركزيةِ central limit theorem (CLT)**

هي مثل التوزيع الطبيعي أذا توفرت بعض الشروط, وتقول النظرية إنه إذا تم أخذ عينة عشوائية من حجم (n) بحيث (n) أكبر من 30, ومن مجتمع لا نهائي وانحراف معياري محدود, فأن متوسط العينة القياسي يتلاقى مع التوزيع الطبيعي القياسي.

المصادر و المراجع

1. التميمي حسين عبد الله، **إدارة الإنتاج والعمليات** (مدخل كمي) الطبعة الأولى، دار الفكر، عمان،1997م.
2. حزوري نعيم **التخطيط والرقابة في المشروع**، منشورات جامعة حلب، حلب،1990م.
3. حسن عادل، **تخطيط ومراقبة الإنتاج**، مركز الإسكندرية للكتاب،الإسكندرية1995م.
4. رجب عادل **إدارة الإنتاج**، منشورات جامعة حلب، حلب1986،م.
5. الزعبي فايز **الرقابة الإدارية في منظمات الأعما،ل**1995م.

1. J.banks J.Carson and B Nelson. Discrete -Event System Simulation Third Edition Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey .USA.
2. MS Obaidat Simulation of Queueing Models in Computer Systems in Queueing Theory and Applications (S Ozekici Ed) pp.111-151 Hemisphere NY 1990 .
3. O Al-Jayoussi and B Sadoum: Simulation and optimization of an Irrigation System. Proceedings of the 1998 Summer Computer Simulation Conference SCSC :98 The Society for Computer Simulation International pp 425-430 Reno Nevada July 1998 .
4. M.S Obadiah (Guest Editor) Special Issue on Performance Modeling and **S**imulation of ATM System and Networks: Part II Vol 78 No 4 April 2002.
5. R Jain the Art of computer systems Performance Analysis Techniques for Experimental Design Measurement Simulation and Modeling Wiley-Interscience New York NY April 1991.
6. F E Cellier .Continuous System Modeling .Springer-Verlag .1991
7. M.Kirschnick .The Performance Evaluation and Prediction System for Queueing Networks PEPSY –QNS University of Erlangen –Nuremberg Institute For Mathematics Maschinen and Datenverarbritung IV Teech Report TR -14-94-18.Jun 1994.
8. D G Feitelson and M a Jete: Improved Utilization and Responsiveness with Gang Scheduling in Scheduling Strategies

for Parallel Processing Lecture Note in Computer Science D G Feitelsin and L Rudolph (Eds) Springer –Verlang Berlin Vol 1291 pp 238-261-1997.

9. SP Dandamudi and H Yu : Performance of Adaptive Space Sharing Processor Allocation Poicies for Distributed –Money Multicomputer . Journal of Parallel and distributed Computer Academic Press Vol -58-pp-109+125-1999.
10. www.mesquite.com (for simulation and modeling)
11. National Instruments : Lab view : system Simulation and Design Toolset www.ni.com .
12. www.google.com.


الوحدة الخامسة
محاكاة الأنظمة

محتويات الوحدة

الموضوع	صفحة
المقدمة	**168**
تمهيد	168
أهداف الوحدة	170
1. بعض التقنيات المستخدمة لمحاكاة الحالات الثابتة	**171**
1.1 الطريقة المتجددة	**171**
2.1 طريقة المتوسطات الدفعية	**173**
3.1 طريقة التكرار المستقل	**174**
2. استخدام الحركة في محاكاة الأنظمة Animation	**178**
1.2 ديناميكية النظام ومحاكاة الأحداث المتقطعة	179
2.2 بعض النقاط المتيسرة والمفيدة من أسلوب نمذجة النظم الديناميكية	181
3. تقنيات تقدير الحساسية	**182**
1.3 تطبيقات الحساسية	183
2.3 البحث عن الهدف ومسائل ماذا لو	184
3.3 تحقيق الأمثلية	185
4. طرق الاضطرابات (التشويش) الآنية	**187**
1.4 تحليل الاضطرابات	188
5. طرق دالة النتيجة	**189**
6. تقنيات تحقيق الأمثلية بواسطة المحاكاة	**192**

1.6 تقنيات البحث الحتمية	196
2.6 تقنيات البحث النمطي	200
3.6 تقنيات البحث الاحتمالية	205
4.6 تقنيات التقريب التصادفية	210
5.6 طريق سطح الميل	211
الخلاصة	**216**
لمحة مسبقة عن الوحدة	**217**
مسرد المصطلحات	**218**
المصادر و المراجع	**221**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس، تعرض هذه الوحدة معلومات حول نمذجة ومحاكاةِ النظم عامة, ونظامِ الأحداثِ المتقطعة بصفة خاصة . يَتضمّنُ المُناقشات على عرض المحاكاةِ الوصفيةِ، وبرمجة الأوامرِ، وتقنيات لتقديرِ الحسّاسيةِ، والبحث عن (إرادة) الهدفِ, وتحقيقِ الأمثلية عن طريق المحاكاةِ.

وقد ساهم التطور الكبير في القدرات الحاسوبية، وإمكانية إجراء النمذجة والمحاكاةِ على الحاسبات، وكفاءة عِلْم الحوسبة العددية في إيجاد المرحلة الأكثر تقدّماً للمحاكاةِ المكتسبة مثل **تحقيقِ الأمثلية لمُتَابَعَة التحقيقاتِ في تحليلِ النظم، وتصميمها، والسيطرة على العملياتِ التي كَانتْ في السابق بعيدة عن متناول أيدي خبراء النماذج وصانعي القرار**.

عموماً عزيزي الدارس, قد تم تقسيم هذه الوحدة إلى ستة أقسام رئيسة: في قسمها الأول بعض التقنيات التي تستخدم في محاكاة الحالات الثابتة, وتحتوى على الطريقة المتجددة, وطريقة المتوسطات الدفعية, وطريقة التكرار المستقبل. القسم الثاني يحتوي على كيفية استخدام الحركة في محاكاة الأنظمة, ويتكون من ديناميكية النظام, ومحاكاة الأحداث المتقطعة.

وبعض النقاط المثيرة والمفيدة من أسلوب نمذجة النظم الديناميكية. القسم الثالث فيه تقنيات تقدير الحساسية من حيث التطبيق والبحث عن الهدف, ومسائل ماذا لو, وتحقيق الأمثلية.

القسم الرابع هو طرق الاضطراب الآنية, وتحليل الاضطراب. أمّا القسم الخامس فسندرس من خلاله دالة النتيجة. وأخيراً يحتوي القسم السادس على تقنيات تحقيق الأمثلية

بواسطة المحاكاة, تجد فيه تقنيات البحث الحتمية, والبحث النمطي والاحتمالي, والتطوري, وتقريب التصادفية.

نرجو أن تتنبّه إلى ما تحتويه الوحدة من أنشطة, وتدريبات, وأسئلة تقويم ذاتي, حيث يجب التعامل معها بجدية.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تبين التقنيات المستخدمة لمحاكاة الحالات الثابتة.
2. تشرح كيفية استخدام الحركة في محاكاة الأنظمة.
3. توضح كيفية تطبيقات الحساسية وتحيقيق الأمثلية.
4. تفسر طرق دالة النتيجة.
5. تسخدم طرق دالة النتيجة.
6. تحلّل تقنيات البحث, والبحث النمطي, والبحث الاحتمالي والتطوري, وتقنيات التقريب التصادفية.

1. بعض التقنيات المستخدمة لمحاكاةِ الحالات الثابتةِ Steady State

عزيزي الدارس، بخلاف نظريةِ الاصطفاف, حيث إن نَتائِج الحالات الثابتةِ لبَعْض النماذجِ يمكن الحصول عليها بسهولة، فإن محاكاة الحالات الثابتة لَيستْ مهمّةً سهلةً. إنّ العكس هو الصحيح للحُصُول على النَتائِجِ في الفترةِ العابرةِ (وبمعنى آخر: فترة التنشيط warm up).

ويحتاج جمع مخرجات محاكاةِ الحالات الثابتة تأميناً إحصائياً, بأنّ نموذجَ المحاكاةَ قد وَصلَ إلى الحالةَ الثابتةَ. إنّ الصعوبةَ الرئيسةَ هي الحصول على عدد من المحاكاةِ مستقلة باستثناءِ الفترةِ العابرةِ. إن التقنيتين المستعملتين عموماً لمحاكاةِ الحالات الثابتةِ هما:

- **طريقة الوسائل الدفعيةِ** ,Method of Batch means،
- **التكرار المستقل** .Independent Replication.

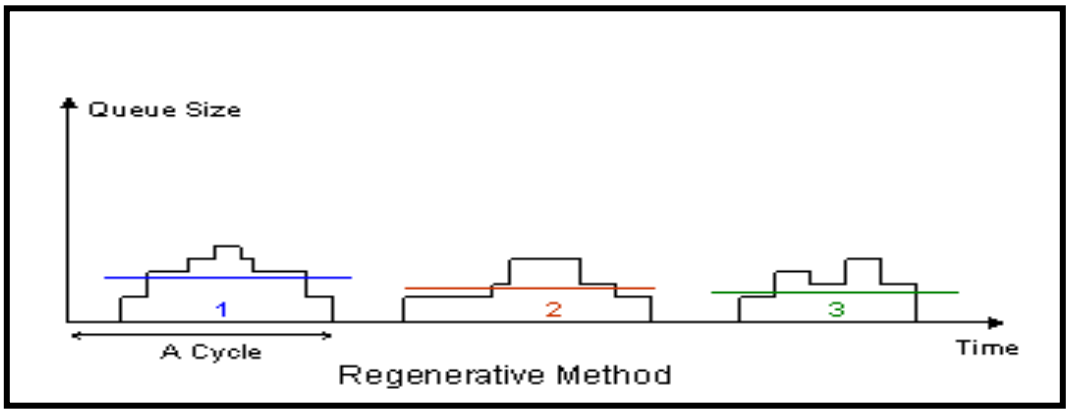
ولا توجد طريقة أرفع من هاتين الطريقتين في كُلّ الحالاتِ. ويَعتمدُ أداؤهما على مقدارِ كثافةِ المرورَ. وهناك تقنيات أخرى متوفرة سنذكرها لاحقاً.

1.1 الطريقةُ المتجدّدةُ Regenerative Method

تُستَعملُ هذه الطريقة في الغالب لخصائصها النظريةِ اللطيفةِ، وعلى أية حال فهي تطبّقُ نادراً في المحاكاةِ الفعليةِ, للحُصُول على مخرجات الحالات الثابتة للنتائج العدديةِ.

الشكل (1)

الطريقة المتجددة



افترضْ أن لَكَ محاكاة مجدّدة تَشْملُ m دورة بحجمِ $n_1, n_2, \ldots n_m$، على التوالي. إنّ مجموع الدورةَ هو:

$$y_i = \Sigma\, x_{ij} / n_i, \quad \text{the sum is over } j=1, 2, .., n_i$$

إنّ التقدير العامَّ هو :

$$\text{Estimate} = \Sigma y_i / \Sigma\, n_i, \quad \text{the sums are over } i=1, 2, .., m$$

ويستعمل جدول Z أو T لحساب فترة الثقةِ $100(1-\alpha/2)\%$ عندما يكون m أقل مِنْ 30)

$$\text{Estimate} \pm Z.\ S/ (n.\ m^{½})$$

حيث،

$$n = \Sigma\, n_i /m, \quad \text{the sum is over } i=1, 2, .., m$$

أما التباين فيحسب كما يلي:

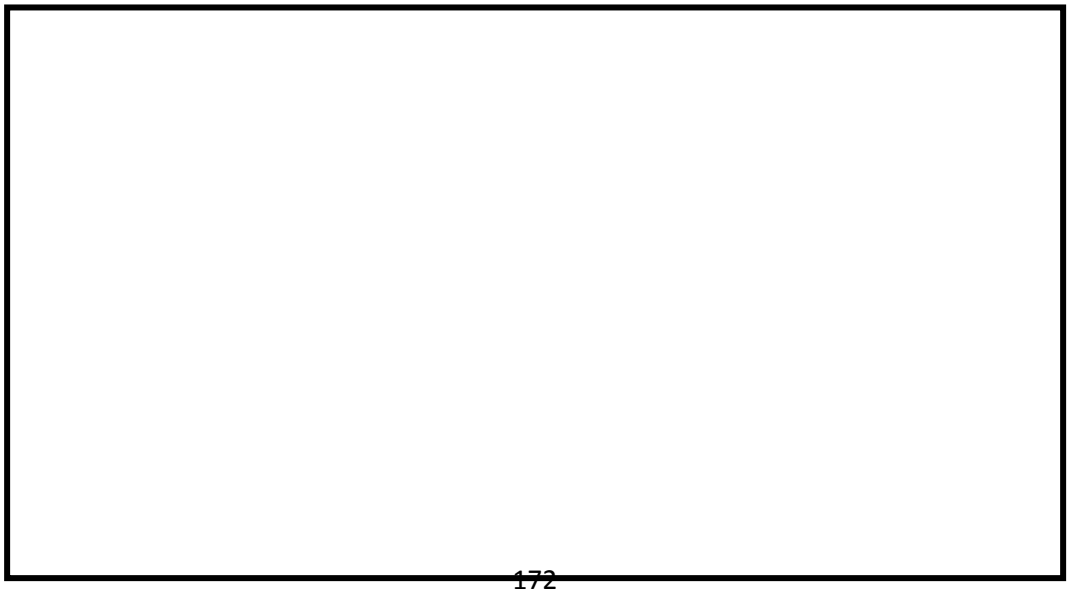
$$S^2 = \Sigma\, (y_i - n_i\ .\ \text{Estimate})^2/(m-1), \quad \text{the sum is over } i=1, 2, .., m$$

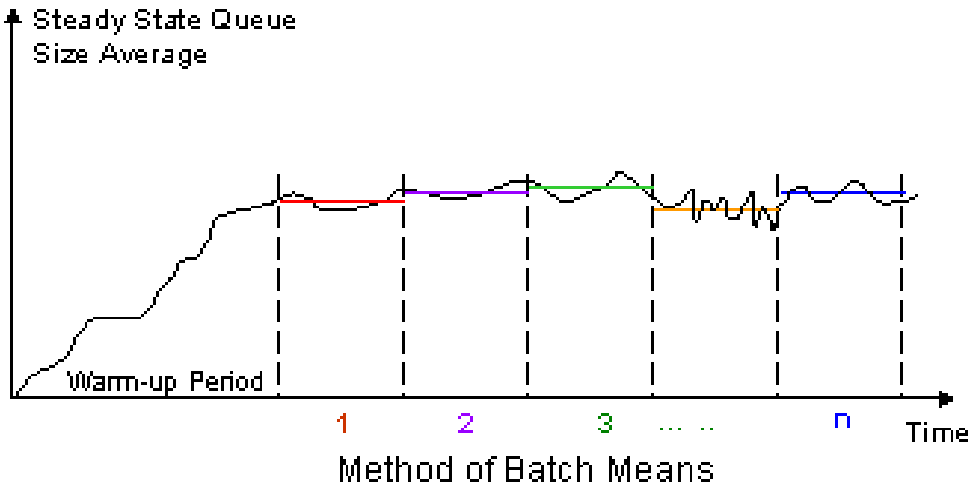
2.1 طريقةَ المتوسطات الدفعيةِ Method of Batch means

تَتضمّنُ هذه الطريقة إجراء محاكاة واحدة فقط, ولفترة طويلة جداً, حيث تُقسّمُ الفترة بشكل مناسب إلى فترةِ عابرةِ أوليةِ, وعدد من الدفعات (ن) . وتعامل كُلّ دفعةِ باعتبارها دفعة مستقلةَ مِنْ تجربةِ المحاكاة بينما لا تؤخذ أي ملاحظات أثناء الفترةِ العابرةِ التي تُعتَبرُ فترةَ تنشيط (إحماءِ). وباخْتيارَ دفعةِ ذات فترةِ زمنية كبيرة, فإن ذلك يُؤدّي عملياً إلى تكوين دفعاتِ مستقلةِ تماما, ومن ثم محاولات مستقلة مِنْ المحاكاةِ، ولكن طالما أن عدد الدفعاتِ قليلة، فإن ذلك لا يمكن أن يطبق فيه نظرية الحدِّ المركزيةِ لبِناء فترةِ الثقةِ المطلوبةِ. من ناحية أخرى، فإن اخْتيارَ دفعة ذات حجم صغير, قد يُؤدّي عملياً إلى عدم ارتباطِ مهمٍّ بين الدفعاتِ المتعاقبةِ, مما يؤدي ذلك لعدم تَطبيق النَتائِجِ في بِناء فترة ثقة دقيقةِ.

الشكل (2)

طريقة المتوسطات الدافعة





Method of Batch Means

افترضْ أن لَكَ عدد n دفعة متساوية, ولكل منها m ملاحظة. إنّ متوسط كُلّ دفعة يحسب كما يلي:

$$mean_i = \Sigma x_{ij} / m, \quad \text{the sum is over } j=1, 2, ..,m$$

إنّ التقدير العامَّ يحسب كما يلي:

$$Estimate = \Sigma mean_i / n, \quad \text{the sum is over } i=1, 2, ..,n$$

ويستعمل جدول Z أو T لحساب فترة الثقةِ $100(1-\alpha/2)\%$ عندما يكون m أقل مِنْ 30

$$Estimate \pm Z.\ S$$

حيث إنَّ التباين:

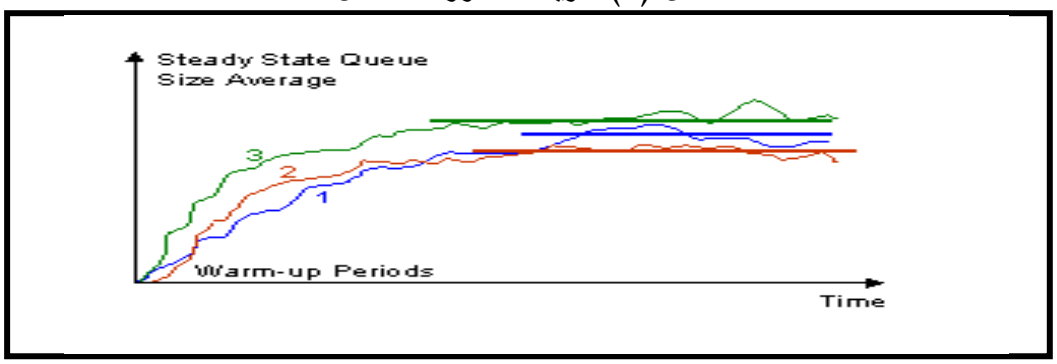
$$S^2 = \Sigma\ (mean_i - Estimate)^2/(n-1), \quad \text{the sum is over } i=1, 2, ..,n$$

3.1 طريقة التكرار المستقلِ

هذه الطريقةِ هي الأكثر استعمالا وبشكل مفضل للأنظمةِ التي لها فترة عابرة قصيرة. تَتطلّبُ هذه الطريقة إجراء عدد من تجارب المحاكاة المستقلة, ببذورِ عشوائيةِ أوليةِ مختلفةِ

لمحاكاة توليد الأرقام العشوائيَة. و يزال التكرار المستقل للفترة العابرة لكُلّ محاكاة تم إجراؤها. أما فترات المُلاحَظةِ, والتي تأتي بعد بياناتِ الفترةِ العابرةِ, فتُجْمَعُ وتُعالجُ لنقطة التقدير, لقياس الأداء ولفترةِ ثقتِها اللاحقةِ.

الشكل (3) طريقة التكرار المستقل



افترضْ أن لَكَ n تكرارا و m ملاحظات لكُلّ تكرار. إنّ متوسطات كُلّ تكرار تحسب كما يلي:

$$mean_i = \Sigma x_{ij} / m, \quad \text{the sum is over } j=1, 2, ..,m$$

كما أنّ التقدير العامَّ يحسب كما يلي:

$$Estimate = \Sigma mean_i / n, \quad \text{the sum is over } i=1, 2, ..,n$$

ويستعمل جدول Z أو T لحساب فترة الثقةِ $100(1-\alpha/2)\%$, عندما يكون m أقل مِنْ 30

$$Estimate \pm Z.\ S$$

ويكون التباين كما يلي:

$$S^2 = \Sigma (mean_i - Estimate)^2/(n-1), \quad \text{the sum is over } i=1, 2, ..,n$$

ايجاد فترةِ الإحماء وتحديدها:

ولتقدير قياس الأداءِ على المدى الطويل للنظامِ، **هناك عِدّة طرق مثل المتوسطات الدفعيةِ، و التكرار المستقل والطريقة المتجدّدة.**

المتوسطات الدفعية, هي طريقة لتقدير خاصيةِ الحالات الثابتةِ مِنْ إجراء محاكاة واحدة. وهذه المحاكاة الوحيدة تُقَسَّم إلى دفعاتِ متساويةِ ذات أحجامِ كبيرةِ بما فيه الكفاية, للحَصولْ على التقديرات التي تم الحصول عليها مِنْ الدفعاتِ المختلفةِ, الّتي من المفترض عليها أن تَكُون مستقلةً تقريباً. في طريقةِ المتوسطات الدفعيةِ، من المُهمِ ضمان إزالة التحيّز نتيجة للشروط الأولية, لإنْجاز عملية زمنِ انتظار متغايرٍ ثابتٍ على الأقل. إن العلاج الواضح لهذه العملية هو إجراء محاكاة لفترة زمنية طويلة, بما فيها الكفاية لإزالة تأثيرِ التحيّزِ الأوليِ. أثناء فترةِ الإحماءِ هذه، يجب أن لا تتم أي محاولة لتَسجيل نتائجِ المحاكاة, بل يجب الإلقاء بها بعيدا. وبنهايةِ فترةِ الإحماءِ هذه، يجمع زمن انتظار الزبائنِ بغرض التحليلِ. إن السؤال العملي الآن هو: "**كَمْ يَجِبُ أَنْ تَكُونَ فترة الإحماء هذه؟**". وقد قدم Abate و Whitt تعبيرا بسيطا ولطيفا للوقتِ المطلوب (t_p) لنظام صفوف من النوع M/M/1/ (لها كثافةِ مرورِ ρ), حيث يبدأ النظام بحالة أولية غير مستخدم (فارغ) للوُصُول إلى حالة الاستقرار steady-state limit والبَقاء ضمن 100 p % كالتّالي:

$$t_p(\rho) = 2C(\rho)\, Ln\, \{1/[(1-p)(1+2C(\rho))]\}/(1-\rho)^2$$

حيث

$$C(\rho)=[2+ \rho + (\rho^2 + 4\rho)^{½}] / 4.$$

والجدول التالي يقدم بعض الأفكارِ للقيمة $t_p(\rho)$ كدالة للمتغيرين r وp، كما يلي:

الجدول

Traffic Intensity	100p			
ρ	**95.0**	**99.0**	**99.9**	**99.99**
0.10	3.61	6.33	10.23	14.12
0.20	5.01	8.93	14.53	20.14
0.30	7.00	12.64	20.71	28.79
0.40	10.06	18.39	30.31	42.23
0.50	15.18	28.05	46.47	64.89
0.60	24.70	46.13	76.79	107.45
0.70	45.51	85.87	143.61	201.36
0.80	105.78	201.53	338.52	475.51
0.90	435.74	838.10	1413.70	1989.40
Time (t_p) required for an M/M/1 queue to reach and remain with 100p% limits of the steady-state value.				

وبالرغم من أن هذه النتيجة تم تطويرها للاستخدام مع الصفوف من النوع M/M/1، إلا أنه يُمْكِنُ استَعْماله بالتقريبِ مع الصفوف من النوع GI/G/1.

تحديد العددِ المرغوبِ لإجراء المحاكاةِ:

إنّ الطريقتين الأكثر استعمالا للتجريبِ في نماذجِ المحاكاةِ هما: طريقة المتوسطات الدفعية، وطريقة التكرار المستقل. وبشكل حدسي يمكن القولُ بأن طريقةَ التكرار المستقلِ تعتبر المتفوّقةُ في إنْتاج تقدير إحصائي "جيد" لقياس أداءِ النظامَ. لكن في الحقيقة، لَيسَت هناك طريقةً متفوّقة على الأخرى في كُلّ الحالاتِ, فكُلٌّ منها يعتمدُ على كثافةِ المرورَ ρ.

و بعد أن تَقْرر ما هي الطريقةِ الأكثرُ مناسبة للتطبيق، فإن السؤال الرئيس هو: كم عدد المَرّاتِ التي تجرى فيها المحاكاة. وذلك لأن مرحلة تخطيط تحقيق المحاكاةِ يكون السؤال فيها عن عددِ المحاكاةِ (n) التي يجب إجراؤها, ويعتبرحرجا وملحاً.

و يَعتمدُ سَحب مستوى ثقة ناتجِ المحاكاةِ مِنْ مجموعة مَرّاتِ المحاكاةِ على حجمِ مجموعةِ المعلومات. فكلما كان عدد المَرّاتِ أكبر ، كانت الثقةُ المرتبطةُ بها أعلى. على أية حال، تَتطلّبُ كثرة مَرّات المحاكاةِ جُهدا كبيرا ومصادر أيضاً خاصة مع الأنظمةِ الكبيرةِ. إذن الهدف الرئيس هو إيجاد أصغرِ عددِ ممكن من المحاولات لتحقيق الثقة المرغوبة.

الدراسات الأولية:

عندما تكون الإحصائيات المطلوبة لحساب عددِ مرات المحاكاةِ لَيسَت متوفرةً في قاعدةِ البيانات، فإن المحاكاة التجريبية تكون مطلوبةً.

بالنسبة لعدد مَرّاتِ المحاكاةِ التجريبيةِ الكبيرةِ (n)، التي تزيد على 30، فإن العدد الأسهل للمَرّاتِ يحسب كما يلي:

$$[(Z_{\alpha/2})^2 S^2] / \delta^2$$

حيث δ هو هامشُ الخطأ المرغوب (الخطأ المُطلق)، وهو نصف طول فترةِ الثقة للفترة

$$100(1- \alpha)\% \ S^2$$

هو التباين الذي تم الحَصولَ عليه مِنْ المَرةِ التجريبيةِ.

و قَدْ يَستعملُ أحدهم حجمَ العيّنةِ التالي لحساب الخطأ النسبي المرغوب Δ في % ، الذي يَتطلّبُ تقدير معاملِ التباين (C.V. in %) من عدد إجراء التجارب لأكثر من 30 مَرة:

$$[(Z_{\alpha/2})^2 (C.V.)^2] / \Delta^2$$

إن حجم العينة المقررة هذه يُمْكِنُ أَنْ يَكُونَ مستعملا أيضاً لتقدير مخرجات المحاكاةِ لمخرجات مجتمع أحادي المنوال unimodal، بالمتغير العشوائي المتقطع أَو المستمرِ, عندما يكون حجم المَرةِ التجريبيةِ (n) أكبر مِنْ 30.

إنّ الهدفَ من تطبيق أيٍّ مِنْ الأعدادِ السابقة في المَرّاتِ المقررة, هو لتَحسين التقديرات التجريبيةِ, ولتكون التكلفة معقولة.

أسئلة تقويم ذاتي

1. اشرح طريقة المتوسطات الدفعية.
2. ماذا فهمت من طريقة المحاكاة المتجددة؟.
3. بين كيفية استخدام التكرار المستقل.

2. استخدام الحركّة في محاكاةِ الأنظمةِ Animation

إن عملية استخدام الحركة في محاكاةِ الأنظمةِ, تعتبر أداة مفيدة. أغلب البرامج الأصلية التي تعتمد على التخطيط, تتوفر بها خاصية الحركة, أواستعمال الصور المتحركة. وهذا مفيدُ جداً لتنقيح النماذجِ، ومصادقتها، وتحقيقها. ويستطيع هذا النوعِ القيام بتكوين الصور المتحركّةِ بقليل من الجهد, أَو بدون جهد إضافي, ويقدم بعض الأفكار الإضافية لصانع النماذج ليضيفها إلى النموذج. على أية حال، فإن أدواتَ دمج الصور والعرض يجب أن تكون متوفرة في برامج المحاكاة. إن الصور المتحركّة الأكثر واقعية هي تلك الأنواع التي تسعى بأن تَكُونَ مفيدةً لصانعِ القرار في تَطبيق نموذجِ المحاكاةِ المتطورِ. هناك أيضاً، أدوات إدارية نموذجية جيدة. بَعْض هذه الأدواتِ قد طُوّرتْ لتدمج قاعدة البيانات مع المحاكاةِ لتخَزين

النماذجِ، والبيانات، والنَتائِج، وأفلام الصور المتحركّة. على العموم، ليس هناك مُنتَجَاً واحداً مُزوّداً بكُلّ هذه الإمكانيات.

و بدون استخدام الحاسوبِ لا يَستطيعُ المرء من أداء أيّ محاكاة لأنظمةِ ديناميكيةِ واقعيةِ. وتوجد برامج كثيرة قويَّة بعضها مجّانية, وأخرى تجارية، صمّمتْ كلغات محاكاةٍ شبهِ إنجليزيةِ, لتَبْسيط كتابة البرامجِ, ونمذجة المحاكاةِ. وتمتاز البرامجُ التي تكتب بهذه اللغات بسهولة القراءة والصيانة.

1.2 ديناميكية النظامِ ومحاكاةِ الأحداثِ المتقطعة

إن تقنيات النمذجة المستعملة من قبل ديناميكا النظامِ, ومحاكاةِ الأحداثِ المتقطعة, تختلف في **أغلب الأحيان في مستويين هما:**

أولاً: قَدْ تَكُونُ طريقة صانع النماذج لتَمْثيل الأنظمةِ مختلفَة.

ثانياً: قد تكون خوارزميات المحاكيات مختلفة أيضاً.

وتُؤلّف كُلّ تقنية لتعمل بالصورة الحَسنة التي من أجلها صممت. وعلى أية حال، فقَدْ يُستعملُ أسلوب الأحداثِ المتقطعة لتَعمَل بالنظامِ الديناميكي والعكس بالعكس.

تقليدياً، فإن الخيار الأكثر أهميةً هو غرضُ النمذجة. إنّ أسلوب الأحداثِ المتقطعة, هو أَنْ تَجدَ على سبيل المثال عدد المصادر التي يَحتاجُ إليها صانع القرار, مثل عدد الشاحناتِ، وكَيفَ تُرتّبُ هذه المصادر لتَفادي الاختناقات وهو ما يعرف بعنقِ الزجاجة، وبمعنى آخر الزيادة المتتالية المفرطة لخطوطِ الانتظار، وأوقات الانتظار، أَو المخزون. و الغرض من أسلوب ديناميكا النظام, هو أَنْ يقدم لمتخذي القراراتِ المعلومات التي تساعد في سرعة الاستجابة والرد على أيّ تغييرات في الوقت المناسب، وكَيفَية تغييّر التركيبَ الطبيعي، ومثال على ذلك وقت تأخيرِ الشحن الطبيعيِ، و المخزون، والمبيعات، والإنتاج، ...إلخ.

إذن ديناميكية النظامِ هي الدراسةُ الصارمةُ للمشاكلِ المتعلقة بسلوكِ النظامِ الذي يَستعملُ مبادئَ التعليقاتِ والتغذية الراجعة, والديناميكا والمحاكاةِ. **وبمعنى آخر فإن ديناميكا النظامِ تتميز بالخصائص التالية:**

- **البْحثُ عن الحلولِ المفيدةِ للمشاكلِ الحقيقيةِ**، خصوصاً في النظم الاجتماعية (مثل الأعمال التجارية، والمَدارِس، والحكومات،...) والبيئة.
- **استعمال نماذج المحاكاة بالحاسوبِ** لفَهْم وتَحسين مثل هذه الأنظمةِ.
- **استناد نماذجَ المحاكاةَ على النماذجِ العقليةِ**، والمعرفة النوعية والمعلومات العددية.
- **استعمال الطرقِ والأفكار المستنبطة مِنْ هندسةِ التحكم** والتعليقاتِ والمجالاتِ العلميةِ الأخرى؛ لتَقييم وتَحسين نوعيةِ النماذجِ.
- **البحث عن الطرقَ المُحسَّنة لترجمَة النَتائِج العلمية** إلى إنجازات تطبيقية محسنة.
- **ينظر أسلوب ديناميكية النظام إلى الأنظمةِ ذات المستوى العالي**؛ لتكون أكثر مناسبة للتحليلِ الإستراتيجيِ. أما أسلوب الأحداثِ المتقطعة فقَدْ ينْظرُ إلى الأنظمة الفرعية بتحليل تفصيلي وأكثر مناسبة، ومثال على ذلك مُعَالَجَة مشاكل إعادة هندسة العمليات.
- **ديناميكية النظام لها دلالات ومؤشرات، وبمعنى آخر تساعدُ على فهم الاتّجاهِ ومقدارِ التأثيراتِ**, (أي ما هي الأماكن التي تحتاج لإجراء التغييرات في النظامِ)، بينما الأحداث المتقطعة لها نظرة تنبؤيةُ, (وبمعنى آخر, يهتم بمعرفة عدد المصادر التي نَحتاجُ إليها لنَيْل هدف مؤكد في كافة المجالات).
- تحليل ديناميكية الأنظمةِ المستمرة بمرور الوقت, وهو يَستعملُ في الغالب التحليلَ الحتميَ، بينما تَتعاملُ عمليةُ الأحداثِ المتقطعة مع التحليلِ في مدَّة معيّنة, ويَستعملُ التحليلَ التصادفي.

2.2 بَعْض النقاط المثيرةِ والمفيدةِ في أسلوب نمذجة النظمِ الديناميكية

أولاً: **التنبؤ قصير الأمد و طويل الأجل:** و بإشارة خاصة على المنتج الزراعي في حقلَ المحاصيل والثمارَ الدائمة مثل العنبِ، والتي لَها قطاعاتُ معالجة مهمّةِ مِنْ النسب المختلفةِ للناتجِ الكليِّ, حيث يُشاركُ في ذلك كلٌّ من المورد والمستهلك.

ثانياً: علاقة بعيدة المدى بين البياناتِ الماليةِ للميزانيةِ, وبيانِ الدخلِ, وبيانِ موازنة السيولة النقديةِ, ضدّ سيناريوهات حاجةِ سوق الأسهم المالية لإرادة استقرار أسعار الأسهم المُتزايدة و دمجها مع الحصة المقنعة, وعلاقة العائد على سياسةِ التمويل لحاملِ الأسهم.

ثالثاً: تطبيقات إدارية تَتضمّنُ تطويرَ وتقييمَ الخططِ الإستراتيجيةِ قصيرة الأمدِ وطويلة المدى، و تحليل وتقييم الميزانية، و تدقيق العملِ و تحكيمه.

و يَجِبُ على أي صانع نماذج أَنْ يستعمل كلتا الأداتين كأدوات مكمّلة إلى بعضها البعض. ويستخدم الأنظمة الديناميكية للنَظْر إلى المشكلةِ ذات المستوى العالي, ولتمييز المناطق التي تَحتاجُ إلى تحليل أكثر تفصيلاً. ثمّ بعد ذلك يستعمل أدواتَ الأحداث المتقطعة

لتَحليل المناطق المعيّنة ذات الاهتمامِ•

3. تقنيات تقديرِ الحسّاسيةِ

لازالت المحاكاةُ هي الطريقة الأساسية التي يستعملها المهندسون والمديرون للَحصول على المعلوماتِ حول الأنظمةِ التصادفية المعقّدة، مثل شبكاتِ الاتصالِ، والخدمة الصحية، والتخطيط المتعلّق بالشركات، والنمذجة المالية، وأنظمة تجميع الإنتاجِ، وأنظمة التصنيع المرنةِ, هذه الأنظمة تتولد بحدوثِ الأحداثِ المتقطعة, والتفاعلات المعقّدة ضمن هذه الأحداثِ المتقطعة التي تَحْدثُ بمرور الوقت. إن أغلب أنظمةِ الأحداثِ المتقطعة, لا توجد لها طرق تحليلية ثابتة، لذا يجب أنْ تُدْرَسَ أنظمة الأحداثِ المتقطعة عن طريق المحاكاةِ.

أسئلة تقويم ذاتي

1. ما السبب الذي يجعل المرء لايستطيع بدون حاسوب أن يؤدي أي محاكاة لأنظمة ديناميكية؟.
2. اذكر الخصائص التي تميز ديناميكا النظام.
3. وضح النقاط المثمرة والمفيدة في أسلوب نمذجة النظم الديناميكية.

وتدْرسُ أنظمةُ الأحداثِ المتقطعة لفَهْم أدائِها، ولتَقْرير أفضل الطرقِ لتَحسين الأداء. و بشكل خاص، فإن الباحثين يهتَمُّون في أغلب الأحيان بمعرفة كيف أن أداءَ النظامِ يَعتمدُ على معالم **النظام v، الذي هو عبارة عن متجه vector .**

إن أداء أنظمةِ الأحداثِ المتقطعة يُقاسُ في أغلب الأحيان كقيمة متوقّعة. وإذا افترضنا نظاما ذا معلم مستمرِ $v \in V \subseteq R^n$ حيث إنَّ (V) مجموعةٌ مفتوحةٌ. وإذا كان

$$J(v) = E_Y \mid v [Z (Y)]$$

لقياس الأداءِ المتوقّعِ للحالة الثابتة، حيث إنَّ Y متجه عشوائي, له دالة كثافةِ احتماليِة معروفةِ (pdf), f(y; v), يَعتمدُ على v، و Z لقياس الأداءَ.

في أنظمةِ الأحداثِ المتقطعة، فإننا نَحتَاجُ عادة لمحاكاة مونتي كارلو لتقدير J(v) للقيمة المُعطاة $v = v_0$. و حسب قانونِ الأعداد الكبيرةِ فإن:

$$\mathbf{J(v0) = 1/n \sum Z (y\ i)}$$

تَتلاقى عند القيمة الحقيقيةِ، حيث إن y_i, i = 1, 2,..., n مستقل، وموزّع بشكل متماثل، و متجه عشوائي Yمن $f (y; v_0)$ ، و n عددُ الأجوبةِ المستقلةِ.

ويكون اهتمّامنا بتقديرِ الحسّاسيةِ J(v) بالنسبة ل v

1.3 تطبيقات الحسّاسيةِ

هناك عدد مِنْ المجالات يستعمل فيها معلومات الحسّاسيةِ لقياس أداءِ J(v), أَو بَعْض تقديراتها, بغرضِ التحليلِ والسيطرةِ. فيما يلي، سنذكر بعضا من هذه المجالات ونُناقشها بإيجاز.

المعلومات المحليّة:

إن تقدير dJ/dv هو مقياس محليّ جيد لأثرِه على الأداءِ. على سبيل المثال، وببساطة إذا عُرفت إشارة المشتقة dJ/dv في وقتٍ ما v, فإننا نحصل فوراً على الاتّجاهَ الذي يَجِبُ أَنْ تتغيّرَ فيه v. مقدار dJ/dv يقدم معلوماتٍ مفيدةٍ أيضاً في عمليةِ التصميمِ الأولي. إذا كان dJ /dv صغيراً، نَستنتجُ أنّ J لَيس حسّاسَا للتَغْيير، ونتيجة لِذلك يجب التركيزُ على المعلماتِ الأخرى التي قَدْ تُحسّنُ الأداءَ.

الخصائص التركيبية: في أغلب الأحيان، فإن تحليلَ الحساسية لا يقدم فقط القيمة العددية لاشتقاقِ العيّنة، ولكن يقدم أيضاً تعبيرَاً يفسر طبيعةَ الاعتمادِ على قياس الأداءِ على المعلمة v. وَ ظْهرُ أبسط حالاتها عندما يَكُونَ dJ/dv إيجابياً دائماً (أَو سلبياً دائماً) لأيّ مسار للعيّنةِ,

و قَدْ لا نَستطيعُ الإخْبار بأن قيمةَ J(v) تزِيدُ بشكل مرتب(أَو تنْقصُ) بالنسبة ل v. وهذه المعلوماتُ في نفسها مفيدةُ جداً في التصميمِ والتحليلِ. **عموماً فإن شكل dJ/dv يُمْكِنُ أَنْ يَكْشفَ بعض الخصائص التركيبية المثيرة لأنظمة الأحداث المتقطعة, (مثل التحدُّب convexity والانفرادية monotonicity). و هذه الخصائص يجب أنْ تُستَغلَّ لكي تُقرّرَ كسياساتَ تشغيل مثاليةِ لبَعْض الأنظمةِ.**

توليد واجهة الاستجابة : في أغلب الأحيان هدفنا النهائي هو الحصولُ على الدالة J(v)، وبمعنى آخر: المنحنى الذي يَصِفُ لنا كَيفَ يستجيب النظامُ للقِيَمِ المختلفةِ v. وبما أن J(v) مجهولُ، فهناك بديل واحد هو الحصولَ على تقديراتِ J(v) لأكبر عدد ممكن مِنْ قِيَمِ v المحتملة. ومن الواضح أن هذه مهمّة صعبة جداً. معلومات الاشتقاق لا تتضمّنُ المرتبة الأولى فقط, ولكن الاشتقاقات الأعلى أيضاً التي يمكن أن تُستَعملَ كتَقريب للدالة J(v). فإذا تم اكتساب هذه المعلوماتِ القابلة للاشتقاقِ بسهولة ودقّة، فإن مهمّة توليد واجهة الاستجابة قَدْ تُنجَزُ أيضاً.

2.3 البحث عن الهدفِ ومسائل ماذا لو

عزيزي الدارس، تَعتمدُ النماذجُ التصادفية على معاملَ مجهولةٍ مُخْتَلِفةٍ, والتي يمكن تقديرها مِنْ بين مجموعةِ البيانات المتوفرة. الأسئلة الإحصائية التي تجيب عن كيفية انتقال عدم التأكد من معالم المدخلات عبر النموذجِ إلى معالم المخرجات, " **تسمّى بتحليل ماذا لو**". **وإن الإجابة الجيدة لهذا السؤالِ** تتطلّبُ استخدام تقديراتِ الحسّاسيةِ في أغلب الأحيان. ونتائج مخرجات المحاكاة العادية هي الحَلُّ لتوجيه هذه المشكلة, وفي ظل وجود دالة الكثافة

- الاحتمالية pdf الأساسية لمعلم ذي قيمة معيّنةِ v، فيمكننا تقدير دالة المخرجات J(v)

والآن سنَطْرحُ مشكلةَ البحث عن الهدفِ:

إذا كان لدينا قيمة ناتجِ هدفٍ $\mathbf{J_0}$ للنظامِ وعائلة دالة كثافة احتمالية ذات معلم، أوجد قيمةَ الدخل للمعلم الذي يُولّدُ مثل هذا الناتجِ. هناك حوافز قوية لكلتا المشكلتين. عندما يكون v معلماً موجّهاً أَو خارج السّيطرة [على سبيل المثال إذا كان صانع القرار مهتمّاً بالتقدير **J(v)** , وإذا كان التغيير في **v** صغيراً جدا], وهو ما يعرف بمشكلة "ماذا لو"، وهي "مشكلة مباشرة" ويُمْكِنُ أَنْ تُحْلَّ بدَمْج معلوماتِ الحسّاسيةِ في الدالة التي يستخدمها تايلور في تفكيك الأعداد (Taylor expansion) **J(v)** المجاورة ل **v**. وعلى العموم، عندما يكون **v** مدخلات موجّهة، فإن صانع القرار **قَدْ يهتَمُّ بمشكلةِ البحث عن الهدفِ. والذي يَتغيّرُ في معالم المدخلات** سَيُنجزُ الَتغيّيرَ المرَغوبَ في قيمةِ الناتجِ J(v). و يَظْهرُ التطبيقُ الآخرُ للبحث عن الهدفِ, عندما نُريدُ أن نَكيّف نموذجا لاسْتِيْفاء قيود المساواةِ الجديدة لبَعْض الدوال التصادفية. إن الحَلّ لمشكلةِ البحث عن الهدفِ هو تقدير الاشتقاقَ لدالة الإخراج فيما يتعلق بمعالم المدخلات للنظامِ الاسميِ؛ و يَستعملُ هذا التقدير في تمدد تايلور لدالة الإخراج بالقرب من (جوار) المعلم. وأخيراً، يَمكن استعمالُ طريقة روبنس مونرو وهو نوع من الخوارزمياتِ التقريبِية التصادفية لتقدير قيمةِ معلم الإدخال الضروريةِ الموجّهةِ وفق الدقةِ المطلوبةِ.

3.3 تحقيق الأمثلية

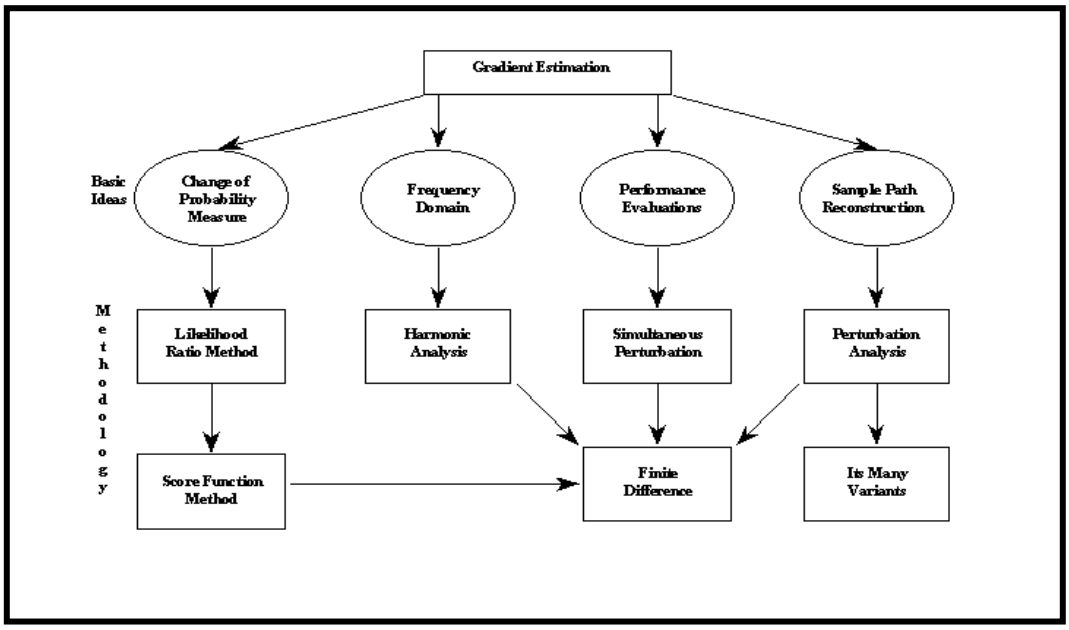
تعتبر محاكاة الأحداثِ المتقطعة هي الأداةُ الأساسيةِ لتحليلِ الأنظمةِ المعقّدةِ. ومع ذلك يجب ربط المحاكاة بتقنية تحقيقِ الأمثلية الرياضيةِ؛ لتحقيق الكفاءة العالية في تصميمِ الأنظمةِ. **ومن الممكن استعمال الحسّاسية dJ/dv بارتباطها مع خوارزمياتَ تحقيقِ الأمثلية المُخْتَلِفةِ التي من وظيفتِها تعديل v بشكل تدريجي حتى الوصول إلى نقطة تكون فيها J(v) أقصى ما يمكن (أَو أقل ما يمكن). و إذا لم تفرض أي قيود أخرى على v، فيَتوقّع أن تكون dJ/dv في هذه النقطةِ صفرا.**

نشاط



عزيزي الدارس وبما أن المحاكاة والنمذجة لاتتم إلا من خلال الحاسوب، لذا يجب البحث عن أجهزة الحاسوب وبرمجيات المحاكاة المختلفة والتعامل معها. ثم قدم بحثا بما تحصلت عليه من التجربة للمشرف.

الشكل (4)



تقريب التباين المحدودِ

اقترحَ كل من كيفير Kiefer, و وولف ويتز Wolfowitz تقريبَ فرقٍ محدودٍ للمشتقةِ. و يَستعملُ أحدُ نسخِ تقنيةِ كيفير و وولف ويتز فروقاً محدودةً ذات وجهين. و الحقيقة الأولى الواجب مُلاحَظتها حول تقدير K-W هي أنّه يَتطلّبُ إجراء محاكاتين بطول 2N حيث N طولَ معلمة المتجهِ θ. **وإذا كان صانعُ القرار يهتَمُّ بتقديرِ الميلِ فيما يتعلق بكُلّ مِنْ مكوّناتِ θ , فإن إجراء محاكاتين بطول 2N** يجب أنْ تُدارَ لكُلّ مكوّن من مكونات v. وهذه الطريقة ليست فعالةً. أما الحقيقةُ الثانيةُ حول تقدير K-W هي أنّها لَرُبَّما يكون لَها تباين ضعيف جداً، وربما نتج عنه صعوباتٌ في عملية الحساباتِ العدديةِ.

أسئلة تقويم ذاتي

1. لماذا تدرس أنظمة الأحداث المتقطعة عن طريق المحاكاة؟.
2. ماهي المجالات التي تستعمل فيها تطبقيات الحساسية؟.
3. ماهي العلاقة بين النماذج التصادفية لتقديرات الحساسية وتحليل ماذا لو؟.
4. ماهي تقنية تحقيق الأمثلة؟.

4. طرق الاضطراب (التشويش) الآنية

خوارزمية الاضطراب الآني simultaneous perturbation (SP) التي قدّمها Dr. J. Spall, قد جَذبتْ انتباهَ الكثيرين. و مؤخراً هناك اهتمامٌ كبيرٌ بخوارزمياتِ تحقيقِ الأمثلية التكراريةِ **التي تَعتمدُ فقط على قياس دالة الهدف المرادَ تحَسينها،** ولا يَتطلّبُ ذلك مقاييسَ مباشرةً لميلِ دالة الهدف. مثل هذه الخوارزميات لَها فائدةُ؛ لأنها لا تَتطلّبُ معلومات النمذجة المُفصّلةِ التي تَصِفُ العلاقةَ بين المعالم الّتي تُحَسّنُ دالة الهدف. على سبيل المثال، تَتضمّنُ

العديد مِنْ الأنظمةِ محاكاةَ أَو نماذج معقّدَة يصعب على البشر نمذجتها، كما يُمْكِنُ الاستفادة فعلاً من مثل هذه الأساليب التي تحققُ الأمثلية. **وتعمل خوارزميةَ التقريب التصادفي الاضطرابي الآني** (simultaneous perturbation stochastic approximation (SPSA)) في نفس الإطارِ **مثل طريقة K-W السابقة،** لكن لَها الفائدة القوية؛ لأنها تتَطَلُّب عددا أقل بكثير مِنْ إجراء المحاكاةِ للحُصُول على نتيجةِ جيدة. إنّ الميزّةَ الأساسية لـ SPSA, تكمن في قوتها وسهولة استعمالِها النسبيةِ في مشاكل **تحقيقِ الأمثلية الصعبة, مثل التباين المتعدد.** multivariate كما أن تقريبَ الميلِ الأساسية يَتطلّبُ قياسين فقط لدالة الهدف, بغض النظر عن بعد مشكلةِ تحقيق الأمثلية. إن التشكيل الأساس لنظرية SPSA, يكشف التوفير الكبير في عدد مَرّاتِ المحاكاةِ التي تُجرى في كل تكرارِ (لكلّ تقريبِ), والتي تُترجمُ مباشرة إلى أضعاف من المدّخرات في عددِ المحاكاةِ؛ لإنْجاز جودة الحَلِّ في مشكلةِ تحقيق الأمثلية. وبعبارة أخرى **فإن طريقة K-W و SPSA, تأخذان نفس عددِ التكرارِ** للوصول إلى الجوابِ, على الرغم مِنْ أن SPSA توفر عدداً كبيراً من المحاولات في قياسِ دالة الهدف لكلّ تكرارِ.

1.4 تحليل الاضطراب Perturbation Analysis

عزيزي الدارس، يَحْسبُ تحليل الاضطراب تقريباً كل ما ينتج من المحاكاة، فإذا كَانَ **v** يتغَيّر تغييرا "صغيراً" فلا بدّ من حساب هذا التغييرِ في الواقع. إنّ الفكرةَ الحسية وراء خوارزمية **PA**, هي أنه عند بناء ممر لعيّنةِ ما باستعمال متغير **v**, فإن ذلك وبشكل كبير يكون مشابها من حيث التركيب لطريقِ العيّنة باستعمال المضطرب (المشوش) **v.** هناك كمية كبيرة مِنْ المعلوماتِ تكون مشتركة بين الطريقتين. ويعتبر رَمي هذه المعلوماتِ الكثيرة, ثم بَدْء عملية محاكاةِ جديدة من البداية باستعمال المشوش **v** نوعاً من التبذير . و علاوة على ذلك يُمْكِنُنا باستخدام أسلوب **PA** أَنْ نَتْرُكَ هذا التغييرَ يقترب من الصفر للحصول على مقدّر

اشتقاق بدون مشاكلَ عدديةِ. **ويهمنا في هذه الحالة معرفة أثر تغيير المعلمة على قياس الأداء.** ونريد أَنْ نتحقق في نفس الوقت من هذا التغييرِ بإبْقاء ترتيب الأحداثِ كما هي. سَيَكُونُ هذا التشويش صغيراً جداً, حيث يمكن ملاحظة التأثير في المدّةِ فقط و لَيسَت في ترتيب الحالات. **هذا التأثير يَجِبُ أَنْ يُلاحظَ في ثلاث مراحلَ متعاقبةٍ هي:**

المرحلة الاولى:

كَيفَ أن الَتغيّر في قيمةِ المعلمة يُغيّرُ مدّةَ العيّنةَ التي تَتعلّقُ بتلك المعلمة ؟

المرحلة الثانية:

كَيفَ أن التغيير في مدّةِ العيّنةِ الفرديةِ نفسها, ينعكسُ كَتغيير في إدراك عيّنةِ معيّنة لاحقِة؟

المرحلة الثالثة:

ما هي العلاقة بين تباين إدراكِ العيّنة وقيمتها المتوقّعة؟

5. طرق دالة النتيجةِ

باستعمال طريقةِ وظيفةِ النتيجة, يُمْكِنُ تقدير الميل بشكل آنيٍّ لأي عدد من المعالم ذات القيم المختلفة , بإجراء محاكاة واحدة فقط. **إنّ الفكرةَ الأساسيةَ هي أنّ ميل دالة قياس الأداء، (v)'J يعبر عنها كتوقّع فيما يتعلق بنفس التوزيعِ كدالة قياس الأداء نفسها.** لذا فإن معلومات الحساسية يُمْكِنُ الُحصولَ عليها بتكلفة حسابيةِ إلى حدٍّ ما (بدلا من استخدام المحاكاة) أثناء تقدير قياس الأداء. و على أية حال، فإن التباين في محاكاةِ الحالات الثابتةِ يُمكنُ أَنْ يَكُونَ تَحْتَ السَيْطَرَة بالتحكم في طولِ الفترة. بالإضافة إلى ذلك، فإن المعلومات حول التباين يمكن أن تدْمَجُ في خوارزميةِ المحاكاة. تحت شروطِ إعادة التوليد (regenerative), ويُمْكِنُ تعديل المقدّر بسهولة لتَخفيف هذه المشكلةِ، ورغم ذلك فقَدْ يَكُون مقدار التباين كبيراً لأنظمةِ الاصطفاف التي لها كثافةُ ازدحام عالية. إنّ الفكرةَ الإرشاديةَ هي

أَنْ يعالجَ كُلّ مكوّن من مكونات النظامِ بصورة مُنفصلة (ومثال لذلك معالجة كُلّ صف على حدة), و الذي نفترضُه أنّ المكوّناتِ الفرديةَ لَها دورات "محليّةُ" متجدّدةُ بشكل متزامن. وهذه الطريقة تعتبر واعِدة طالما, أن المقدّرَ يظل غير متحيّزَ وفعال، كما أن الدورةَ المتجدّدةَ في الغالب طويلةُ جداً.

الآن نَنْظرُ إلى الحالة العامة (غير المتجدّدة non-regenerative). في هذه الحالةِ إن أي محاكاة سَتعطي تقديرا متَحيّزا للميلِ طالما أن المحاكاة محدودة. إذا كان طول المحاكاةِ n (طول زمن المحاكاةِ) كبيرا بما فيه الكفاية، فإن هذا التحيّز غير مهم ويمكن تجاهله. هناك عدد مِنْ الطرقِ لمُواجَهَة هذه المشكلةِ. أغلب الاختلافاتِ في المقدّارِ يَجيءُ مِنْ دالة النتيجة score function. إنّ الاختلافَ عالٍ جداً, خصوصاً عندما تُساهمُ كُلّ المدخلات الماضية في الأداءِ, وتُضمّن النتيجة كُلّ المدخلات . وعندما تستعمل الوسائط الدفعية, ينخفض الاختلاف بإبْقاء طولِ الدفعةِ قصيرا.

الطريقة الثانية:

هي أَنْ يخلص فيها تباين النتيجةِ إلى الحد الذي يكون فيه طول المحاكاة بما فيه الكفاية, لضمان إزالة التحيّزِ عملياً. وهذا هو الأسلوب الأكثر فائدة. ويمكن أن يُخفّض التباين أكثر من ذلك, باستعمال تقنياتِ تخفيضِ التباين القياسيةِ (variance reduction techniques (VRT)، مثل أخذ العينات المهمةِ. أخيراً، يُمْكِنُنا ببساطة أَنْ نَستعملَ أعدادا كبيرة مِنْ الأرقام الموزعة بطريقة مستقلة ومتماثلة للمحاكاةِ.

التحليل التوافقي: Harmonic Analysis

هو الإستراتيجية الأخرى لتقدير محاكاةِ الميل، وتستند على طريقةِ مجالِ التردد, والتي تَختلفُ عن تجاربِ مجالِ الوقت في أن معلماتِ مدخلاتها حتمية, و تَتفاوت في أنماطِها الجيبية أثناء إجراء المحاكاة مقابل أَنْ تبقى ثابتة كما هو الحال في مجالِ الوقت. ويَجِبُ أَنْ يُميّزَ مدى القِيَمِ المحتملةِ لكُلّ عوامل المدخلات. ثمّ يَجِبُ تغيير قِيَم كُلّ المدخلات ضمن

مداها المُعَرَّفِ أثناء عملية التنفيذ. وفي تحليل السلاسل الزمنية فإن t هو دليلُ الوقت. وفي المحاكاةِ فإن t لَيسَ بالضرورة أن يكون وقتَ ساعةِ المحاكاة. وبالأحرى فإن t هو متغيّر النموذجِ الذي يستخدم لمُتابعة بَعْض الإحصائياتِ أثناء التنفيذ. على سبيل المثال، لتَوليد الفترة الزمنية بين الوصول inter-arrival times في المحاكاة, فإن t قَدْ يَكُونُ المتغيّرَ الذي يَحْسبُ الزبائنَ القادمين.

يميّزُ تجاربُ المحاكاةِ في مجالِ التردِدِ الشروطُ المهمّةَ لمتعدّدي الحدودِ polynomial والتي تُقرّب العلاقةَ بين مدخلات المحاكاةِ ومخرجاتها. ومن الواضح أن عددَ مَرّاتِ المحاكاةِ المطلوبة لتَمييز الشروطِ المهمةِ لهذه الطريقة أصغرُ بكثير مِنْ تلك البدائلِ المتنافسةِ, و يُصبحُ الاختلاف واضحًا كلما زاد عدد المعلماتِ•

أسئلة تقويم ذاتي

1. اشرح خوارزمية التقريب التصادفي الاضطرابي الآني.
2. ما الفرق بين طريقة العينة باستعمال المضطرب" V" وتحليل الاضطراب؟.
3. كيف تستعمل طرق دالة النتيجة؟.
4. بين استراتيجية التحليل التوافقي.

6. تقنيات تحقيقِ الأمثلية بواسطة المحاكاة

تعتبرمحاكاة الأحداثِ المتقطعة هي أداةُ التحليلِ الأساسيةِ للأنظمةِ المعقّدةِ. و يجب أنْ تُرْبَطَ المحاكاةُ مَع تقنيات تحقيقِ الأمثلية لتُستَعملُ بكفاءة في تصميمِ الأنظمةِ. وسنُقدّمُ عددا من تقنيات تحقيقِ الأمثلية التي تشمل كلا من معلمات الإدخال الموجّهةِ المستمرةِ منها والمتقطعة, الخاضعة للقيودِ المختلفة. إنّ الهدفَ الأساس هو إقرّار التقنيات الأكثر استخداما, والتي لها مستقبل واعد في نموذج المحاكاةِ.

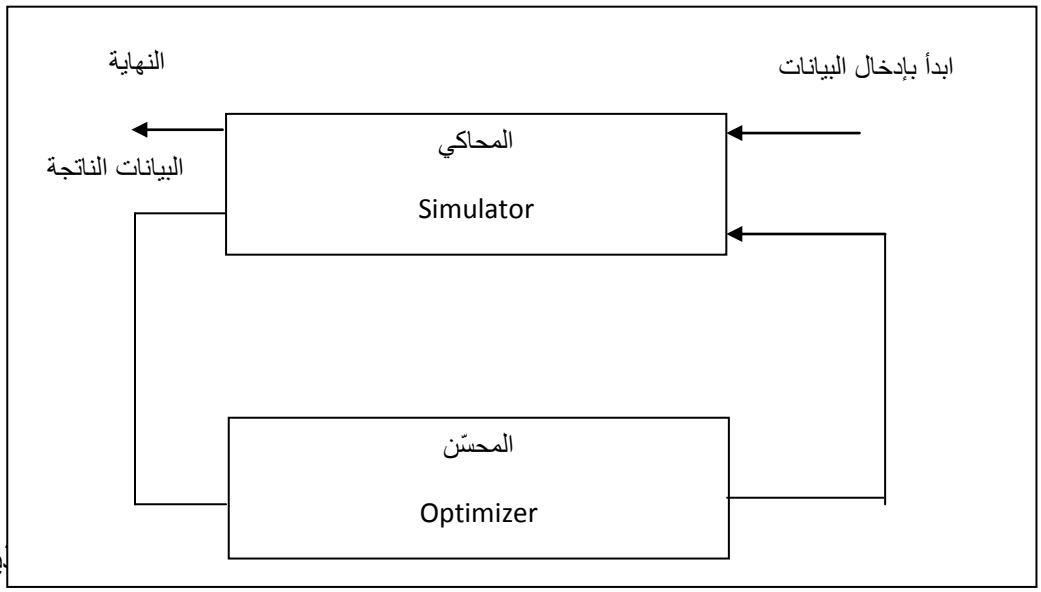
و يُمْكِنُ أَنْ تُشكّلَ العديد مِنْ الأنظمةِ الصناعيةِ, كأنظمة أحداثِ متقطعة (DES), ومن الأمثلة على ذلك أنظمة الحاسوب، وشبكات الاتصال، وأنظمة التصنيع المرنة، وخطوط تجميع الإنتاجِ، وأنظمة النقلِ و المرورِ. تَتطوّرُ أنظمةُ الأحداثِ المتقطعة بوقوع الأحداثِ المتقطعة، مثل وصولِ عمل أَو إكمال مهمّة مقارنة بالعملياتِ الديناميكيةِ المتغيّرةِ بشكل مستمر, مثل المركبات الفضائيةِ، التي تَحْكمُ أولياً بالمعادلات التفاضليةِ. ونتيجة للحركة المعقّدة التي تَنْتجُ مِنْ التفاعلاتِ التصادفية لمثل هذه الأحداثِ المتقطعة التي تحدث بمرور الوقت, فإن تحليل الأداء, وتحقيقَ أمثلية أنظمةِ الأحداثِ المتقطعة, يَكُون مهمّةً صعبةً. وفي نفس الوقت طالما أن هذه الأنظمة ستُصبحُ أكثر انتشاراً نتيجة للتقدّمِ التقنيِ الحديثِ, فيكون من المُهمّ امتِلاك الأدواتِ لتَحليل وتَحسين معلماتِ هذه الأنظمةِ.

يَتطلّبُ تَحليل أنظمة الأحداثِ المنفصلة المعقّدة المحاكاة بالحاسوبَ في أغلب الأحيان. في هذه الأنظمةِ، إن دالة الهدف لا يمكن التعبير عنها كدالة واضحة مِنْ معلماتِ المدخلات, و بالأحرى فإن ذلك يَتضمّنُ بَعْض قياسات أداءِ النظامِ التي يُمْكِنُ إيْجَاد قِيَمِها بواسطة إجراء نموذجِ المحاكاة فقط, أَو بمُلاحَظَة النظامِ الفعلي. من ناحية أخرى و بسبب الحجمِ الكبيرِ جداً في أكثر الأنظمةِ الصناعيةِ, والتعقيدِ المتأصّلِ, فإن الوسائل التحليلية لوحدها غير كافية في أغلب الأحيان لتحقيقِ الأمثلية. وفي هذه الحالاتِ، يَجِبُ اللّجوء إلى

المحاكاةِ بفائدتِها الرئيسةِ التي تتمثل في عموميتها، وضررها الأساس الذي يتمثل في تكلفتها من ناحية الوقتِ والمالِ. وبالرغم من ذلك و من حيث المبدأ، فإن بَعْض الأنظمةِ من ناحية تحليلية يمكن متابعتها, كما أن الجهدَ التحليليَ المطلوب لتَقييم الحَلِّ قَدْ يَكُون هائلا جداً, بِحيث تُصبحُ المحاكاة بالحاسوب جذّابةَ. وبما أن سعر استعمال مصادرِ الحاسبات في نقصان مستمرٍّ و بشكل مثير, فإن المرء على الرغم من ذلك ما زالَ يَحْصلُ على تقدير إحصائي وحيدٍ مقابل الحصول على حَلّ مضبوط. وللأغراضِ العمليةِ، فإن هذه تعتبر كافيةُ جداً.

إن أنظمةِ الأحداثِ المتقطعة الصناعيةِ غالية جدا، لذا من المُهمِ تَشْغيلها بشكل كفء بقدر الإمكان. فالكلفة العالية تَجْعلُها ضرورية لإيجاد وسائل أكثر كفاءة مِنْ مجرد إجْراء المحاكاةِ وتُحسينُ ناتجها. ويُعتبرُ تَحسين دالة الهدف فيما يتعلق بمجموعة المعلمات الموجّهة المستمرةِ أَو المتقطعة, خاضعا لبَعْض القيودِ.

الشكل (5) حلقة التغذية الراجعة



ية الراجعة لَيسَ محاكاة، لكنه مفهوم شامل. على أية حال، مهما نَستعملُ من أفكار فلا بد من أَنْ

نَدْمجَ التغذية الراجعة بصورة دائمة . على سبيل المثال، افرض أن نموذج نظام الأحداثِ المنفصلة الذي يَستخدمُ فيها المصادر لإنْجاز المهامِ, أو عمليات محددة بدمج قواعد القرارِ فقط, فيما يتعلق بكَيفَية الإدارة على مستوى الأسهمَ ، بشكل واضح، هناك حلقات تغذية راجعة في تركيبِ النظامَ.

عندما يَختار صناع النماذج أسلوب نظم الأحداثِ المتقطعة, فإنهم عادة يُشكّلونَ النظامَ في أغلب الأحيان كحلقة مفتوحة, أَو شبه مفتوحة مما يَجْعلُ النظامَ يَتصرّفُ كما لو أنَّه لا يوجد هناك أي وكيل متفوّق يُسيطرُ على الإنتاجِ أو الخدمة أو العملية بالكاملِ. فعملية إغلاق الحلقاتِ يَجِبُ أَنْ يتكُونَ من مهام صانعِ نماذج المحاكاةِ الأساسية التي يَجِبُ أَنْ يَعتني بها، حتى ولو كان مجاله لا يَتضمّنُ ذلك، و لا بدّ من أن يكون هناك وعيا بسلوكِ النظامِ، خصوصاً إذا كان هذا النظام معروفا بأن يَكُونَ تحت عملياتِ اتّخاذ القراراتِ والأنشطة الإنسانيةِ.

دائما في كُلّ نماذج المحاكاة إن القيمة المتوقّعة يُمْكِنُ أَنْ تعبر عن أداءَ النظامَ.

افرض النظام التالي الذي له معلمة مستمرة $v \in V$، حيث إنَّ V هي المنطقةَ العمليةَ•

افرض أن:

$$J(v) = EY \mid v\,[Z\,(Y)]$$

هو قياس الأداءِ المتوقّعِ للحالة الثابتة، حيث إنَّ Y متجه عشوائي بدالة كثافةِ احتمالِ معروفةِ (pdf), f(y; v) يَعتمدُ على v، Z قياس الأداء.

في أنظمةِ الأحداثِ المتقطعة، نحتاج عادة لمحاكاة مونتي كارلو لتقدير J(v) عند قيمة معينة

$$v = v_0$$

وباستخدام قانونِ الأعداد الكبيرةِ فإن:

$$J(v_0) = 1/n \sum Z\,(y_i)$$

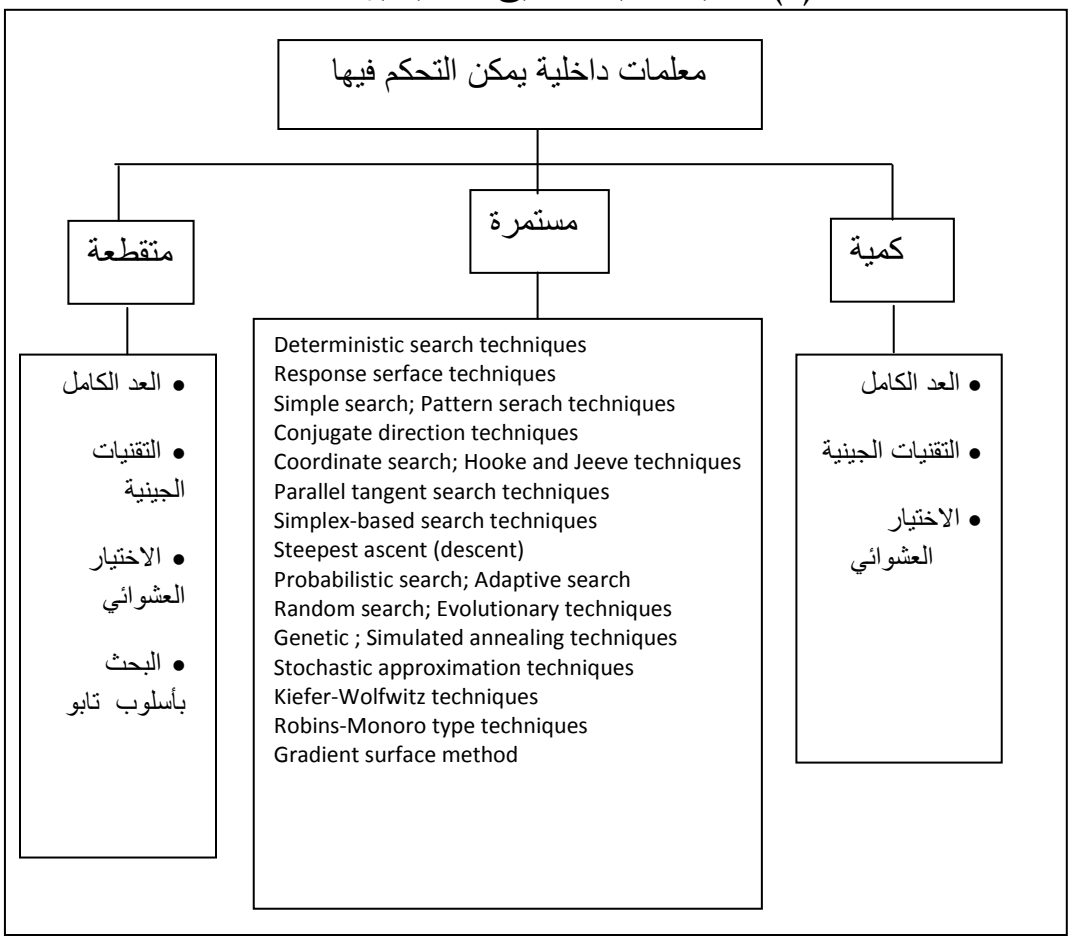
تَتلاقى في القيمة الحقيقيةِ، حيث yi, i = 1, 2,..., n مستقل، وموزّع بشكل متماثل، متجهِ عشوائيٍ حقيقي Y من الدالة f (y; v 0) ، و n عددُ التكرارات المستقلةِ.

إنّ الهدفَ هو تحسين الدالة J(v) بالنسبة ل v.

سَنقسمُ تقنيات تحقيق الأمثلية في مجال المحاكاةِ إلى ستة أصنافِ عريضة هي:

- البحث الحتمي.
- البحث النمطِي.
- البحث الاحتمالي.
- التقنيات التطوّرية.
- تقريب التصادفية.
- الميل السطحي.

شكل (6) تصنيف تقنيات تحقيق الأمثلية بواسطة المحاكاة



1.6 تقنيات البحثِ الحتميةِ

إن الخاصية المشتركة بين تقنياتِ البحثِ الحتميةِ أساساً مستعارة مِنْ تقنياتِ تحقيقِ الأمثلية الحتميةِ. إنّ قيمةَ دالة الهدف الحتميةِ المطلوبة في التقنيةِ قد تم استَبدالُها بتقدير يتم الحصولَ عليه مِنْ المحاكاةِ. وبامتِلاك تقدير دقيق إلى حدّ معقول، فإن الآمال معقودة بأن

تؤدي هذه التقنية أداءً حَسناً. وتشمل تقنياتُ البحثِ الحتميةِ كلا من البحث الإرشادي والعد الكامل، وتقنيات البحثِ العشوائيةِ.

تقنية البحثِ الإرشاديةِ:

من المحتمل أنّ تكون تقنية البحثِ الإرشاديةِ من أكثر الأساليب استعمالا في تَحسين واجهة الاستجابة. وهي أيضاً أقلّ المشاريع الرياضية تَطَوُّراً ، و يُمْكِنُ أَنْ يُفكّرَ فيها بأنها أسلوب حدسي وتجريبي. ويحدد المُحلّلُ نقطةَ البداية و حُكْم الإيقاف, مستندا على التجربةِ السابقةِ بالنظامِ. وبعد أن يتم ضبط معلماتِ الإدخال (العوامل) إلى المستويات التي تَبْدو معقولة، يقوم المُحلّل بإجراء محاكاةٍ بالعواملِ التي ضبطت في تلك المستويات, وتُحْسبَ قيمة دالة الاستجابة. فإذا ظهرت للمُحلّلِ بأن هذا هو الحَدّ الأعلى (الحَدّ الأدنى)، توقف التجربة. وإلا فإن المُحلّلُ يقوم بتغيير ضبط المعلمة, ثم يجري محاولة أخرى. تَستمرُّ هذه العملية حتى يعتقد المُحلّل بأنّه قد حصل على ناتج حسن. يكفي القول في ذلك بأن المُحلّل إذا لم يكن مألوفَا بحميمية العمليةِ التي يريد محاكاتها، فإن هذا الإجراء يُمْكِنُ أَنْ يَتحوّلَ إلى بحث أعمى blind search, ويُمْكِنُ أَنْ يُنفقَ فيها كميةٌ كبيرةٌ غير منتظمة مِنْ الوقت و مصادر الحاسوبَ بدون استخراج نَتائِج تعادل المدخلات. والبحث الإرشادي قد يَكُون غير مؤثّر, وغير كفء في أيدي المبتدئين.

العد الكامل والتقنيات العشوائية:

تقنية العدّ الكاملِ لَيستْ قابلة للتطبيق في الحالاتِ المستمرةِ، و لكن في الفضاءِ المتقطع v يُنتجُ القيمةَ المثاليةَ لمتغيّرِ الاستجابة. يَجِبُ أَنْ تَفترضَ لكُلّ العوامل (v) عددا محدودا مِنْ القِيَمِ لَتَكُونَ هذه التقنيةُ قابلةً للتطبيق، ثمّ تجرى بعد ذلك تجربة عاملية كاملة. و يُمْكِنُ للمُحلّل أَنْ يَنْسبَ بَعْض درجاتِ الثقةِ إلى النقطةِ المثاليةِ المُحدَّدةِ, عندما يَستعملُ هذا الإجراءَ. وبالرغم من أن تقنيةِ العدّ الكاملِ تستطيع الحصول على النقطةِ المثاليةِ، إلا أنها لَها أيضا بعض العوائق الكبيرة. فمثلا إذا كان عددُ العواملِ كثيرةً, أَو المستويات لكلّ عامل كبيرة،

فإن عددَ مَرّاتِ المحاكاةِ المطلوبة لإيجاد النقطةِ المثاليةِ يُمكنُ أَنْ يكُونَ كبيراً جداً. على سبيل المثال، افرض أنّ التجربةَ قد أُجريت بثلاثة عوامل, ولها ثلاثة مستويات، وأربعة مستويات، وخمسة مستويات على التوالي. وافرضُ أنّ المطلوب أيضاً خمسة تكرارات للحصول على درجةِ الثقةِ الصحيحةِ. ثمّ تجرى المحاكاة 300 مَرّة لإيجاد النقطةِ المثاليةِ. لِذلك، يَجِبُ أَنْ تُستَعملَ هذه التقنيةِ فقط عندما يكون عدد المجموعاتِ المراد معالجتها صغيرةً نسبياً, أَو لا تأْخذُ وقتاَ طويلاً.

أما تقنيةُ البحثِ العشوائيةُ فهي تَشْبهُ تقنيةَ العدّ الكاملِ, ماعدا تلك التي يتم فيها اختيارُ مجموعة المدخلات عشوائياً. وتؤخذ نَتائِج المحاكاة التي تستند على المجموعةِ التي تنتجُ الحَدّ الأعلى (الحَدّ الأدنى) من قيمة دالة الاستجابة, لتكون النقطةَ المثاليةَ. وهذا الإجراءُ يُخفّضُ من عدد مَرّاتِ المحاكاةِ المطلوبة لإعْطاء نتيجةً 'مثاليةً'؛ و لكن، ليس هناك أي ضمان بأن النقطةَ التي تم الحصول عليها في الحقيقة هي النقطةُ المثاليةُ. وبالطبع كلما كانت النقاط التي يتم اختيارها بوساطة المُحلّل كثيرة، استطاع المحلل أَنْ يصل إلى الأوجِّ الحقيقيَ. لاحظ أن المتطلبات التي يفرضها كُلّ عامل أن تكون قِيَم العدد محدودة, لَيسَ مطلوبا في هذا المخططِ. ويُمْكِنُ إجراء التكرار على المجموعاتِ المعالجة التي تم اختيارها، لزيَادَة الثقةِ في النقطةِ المثاليةِ. أما السؤال الخاص بأي الإستراتيجيات أفضلُ؟ تكرار نقاط قليلية, أم النْظرَ إلى ملاحظة واحدة في نقاطٍ كثيرة؟ فإن ذلك يَعتمدُ على نوع المشكلةِ.

بحث واجهة الاستجابة:

يُحاولُ بحث واجهة الاستجابة مُلاءمَة متعدّد الحدود مع J(v) . إذا كان فضاء التصميمَ v صغيراً بشكل مناسب، فإن دالة الأداء J(v) قَدْ تُقَرّبُ إلى واجهة الاستجابة, وبالتحديد من الدرجة الأولى، أَو ربما من الدرجة الثانية في v، وربما بعد التحويلِ، ومثال على ذلك: (v) log . و تَتطلّبُ طريقة واجهة الاستجابة (RSM) إجراء المحاكاةِ في تصميم تجريبيٍّ من الدرجة الأولى لتحديد طريقِ الهبوطِ الحادِّ. و يَستمرُّ إجراء المحاكاةِ على هذا

الطريقِ، حتى يُلاحظ أنه لا يوجد هناك أي تحسينٍ في الدالة J(v). ثمّ يقوم المُحلّل بإجراء تصميم تجريبيٍ جديدٍ من الدرجة الأولى حول النقطةِ 'المثاليةِ' الجديدةِ التي تم الوصول إليها، وإيجاد طريق جديد للهبوطِ الحادِّ. و تَستمرُّ العملية حتى تخلو واجهة الدرجة الأولى من أي ملاءمة. ثمّ يتم إجراء تصميم آخر من الدرجة الثانية، ويَأْخذُ بواجهة الدرجة الثانية الملائمة باعتبارها التقدير الأصلح.

بالرغم من أنّه من المرغوب فيه أن تكون إجراءات البحثِ ذات كفاءةٍ عاليةٍ على مستوى واسعٍ من الاستجابة التي تَظْهرُ على الواجهة، فليس هناك إجراء حاليّا يُمْكِنُ من التغلّب على ظاهرة تعدد المنوال non-unimodality عملياً. (وهي الواجهات التي يكونُ لها أكثر مِنْ حَدّ أعلى أَو حَدّ أدنى). والطريق الواضح لإيجاد المثاليِ العالميِ هو القيام بتَقييم كُلّ المثاليات المحليّة. و **تُستَعملُ تقنية أخرى عندما يُعْرَفُ أن الواجهات متعددة المنوال ستحدث ما يعرف بتقنيةَ "لاس فيجاس"**. ويقوم إجراء البحثِ هذا بتقدير توزيع المثاليات المحليّة برسم التقدير للدالة J(v) لكُلّ بحث محليّ مع رقم البحثِ المطابقِ له. وتميز عمليات البحث المحليّة التي تُنتجُ عنها استجابة أعظم مِنْ أيّ استجابة سابقة, ثمّ يُلاءمُ المنحنى مع البياناتِ. ثمّ يُستَعملُ هذا المنحنى لإظهار استجابة التقدير التزايدي الذي سَيُنجزُ ببحثٍ إضافيٍّ آخر . يَستمرُّ البحثُ حتى تكون قيمةُ التحسينِ المقدر في البحثِ أقل مِنْ تكلفةِ إكْمال بحثٍ إضافيٍّ.

ويجب ملاحظة أن التجربة المصمّمة بشكل جيد, تَتطلّبُ عددا كافيا مِنْ التكرار, حتى يمكن معاملة متوسط الاستجابة كعدد حتميّ لمقارناتِ البحثِ. وطالما أن التكرارات مكلفة، يُصبحُ ضرورياً اسْتِعْمال إجراء المحاكاةِ بكفاءة. وبالرغم من أن كُلّ محاكاة تختلف من حيث ضبط المتغيّراتِ الموجّهةِ، فيُمْكِنُ للمرء أَنْ يَستعملَ تقنياتِ الصَقْل مثل الصَقْل الأسّيِ exponential smoothing لتَخفيض العددِ المطلوبِ من التكرارات.

نشاط



ابحث من خلال (Google) في الحاسوب عن تقنية لاس فيجاس, وطريقة مانتي كارلو في المحاكاة, وقدم نتيجة البحث للمشرف. وتعاون في ذلك مع زملائك.

2.6 تقنيات البحثِ النمطِي

تَفترضُ تقنياتُ البحثِ النمطِي أنّ أيّ مجموعة ناجحة مِنْ الحركاتِ التي استعملتْ في البَحْث عن قيمة قصوى مُقَرَّبَة تستحق التكرار. تَبْدأُ هذه التقنياتُ بخطواتٍ بسيطة؛ ثمّ إذا تم النجاح لهذه الخطوات، يُزاد حجم الخطوة. وبالمقابل عندما تُخفقُ سلسلة الخطواتِ في تَحسين دالة الهدف، وهذا يُشيرُ إلى أنّ الخطواتِ القصيرة ملائمة, لذا لا يوجد هناك أيّ اتّجاه وَاعِد. تَبْدأُ هذه التقنياتُ أولياً باخْتيارَ مجموعة القِيَمِ التزايديةِ لكُلّ عامل. تكون البداية من نقطةٍ أساسيةٍ أوليةٍ، ويُدقّقُ إذا كان هناك أيّ تغيير تزايدي في المتغيّرِ الأول قد يُنتجُ منه تحسينٌ. ويُصبحُ ناتجُ الإعداد المُحسَّنُ هو النقطةُ الأساسيةُ المتوسّطةُ الجديدةُ. وتُكرّرُ العمليةُ لكُلٍّ مِنْ المدخلات, حتى يتم الحصولُ على إعداد جديد حيث يكون فيه النقاط الأساسية المتوسّطة تعمل تماما كالنقطةِ الأساسيةِ الأوليةِ للمتغيّرِ الأوليّ. ثمّ تَنتقلُ التقنية إلى الوضع الجديدِ. و يكرّرُ هذا الإجراءُ حتى لا يُمْكن أنْ تحدث أي تغييراتِ أخرى للقِيَمِ التزايديةِ المُعطاةِ. ثمّ تنقص القِيَم التزايدية, ويُكرر الإجراء مِنْ البِداية. و عندما تَصِلُ القِيَم التزايدية قيما محدّدة سلفاً، يَنتهي الإجراء ويسجل آخر العواملِ التي تم إعدادها بأنها الحَلّ.

البحث بواسطة المتجهات المترافقة Conjugate

لا يحتاج هذا النوع من البحث لأي تقديرِ للاشتقاقِ، ورغم ذلك يستطيع أن يَجِدَ أفضل واجهة لمتعدد المتجهات من الدرجة الثانية، وفي الغالب، فإن عدد التكرار n، مساوٍ لمتجه

الواجهة من الدرجة الثانيةِ. ويُعيدُ الإجراءُ تعريف متعدد المتجهات بحيث يمكن استعمال البحث في متغيّر واحد على التوالي. و تُستَعملُ الإجراءات المتغيّرة الوحيدة حينما يكون من المُمْكِنُ مُعالجَة المتجهات بشكل مستقل. و يُؤدّي تحقيق الأمثلية على طول كُلّ متجه إلى تحقيقِ أمثلية لكامل الواجهة.

و يُعَرَّف المتجهان بأنهما مترافقان عندما يكُونَ الضرب العكسي لكل عنصر من عناصر المتجهين مساويا للصفر. وتُحاولُ تقنية المتجهات المترافقة إيجاد مجموعة المتجهات n التي تَصِفُ السطحَ, بحيث يكون كُلّ متجه مرافق لكل المتجهات الآخرى.

باستعمال النتيجةِ السابقة، تُحاولُ التقنية إيجاد بحثين أمثلين, ويستبدلُ المتجه النوني (nth) للواجهة من الدرجة الثانيةِ, بالمتجه الذي تم تحديده بالنقطتين المثاليتين. إن استبدالَ المتجه الأصلي على التوالي ينتج عنه مجموعة جديدة ذات عدد من الأبعاد n، فإذا كانت الواجهة الأصلية من الدرجة الثانية، تكون كُلّ المتجهات مترافقة لبعضها البعض وملائمة لعدد العمليات n لبحث المتغيّر الواحد. بينما يَبْدو أن إجراءَ البحثِ هذا بسيطٌ جداً، يَجِبُ أَنْ نُشيرَ إلى أنّ اختيارَ الأحجام الملائمةِ في هذه الخطوةِ يُعتبر حرجاً جداً ومهماً. كما أنّ اختيارَ حجمِ الخطوة أكثرُ حرجا لتقنيةِ البحثِ هذه لأن – أثناء دورانِ المحورِ – فإن حجم الخطوةَ لا يبْقى ثابتا في كُلّ الأبعادِ. وعندما يَحْدثُ الدوران، يَتغيّرُ حجمِ الخطوةِ الأفضل، ويُصبحُ صعب التَخمين.

الصعود الحادّ (الهبوط):Steepest ascent (descent)

تَستعملُ تقنية الصعود الحادّ النتيجة الأساسية مِنْ علم حساب التفاضل والتكاملِ؛ (لأن الميلَ يُشيرُ إلى اتّجاهِ الزيادةِ القصوى للدالة)، لتَحديد كيف أن الأوضاع الأوليةَ للمعلماتِ يَجِبُ أَنْ تُغيّرَ لإنْتاج قيمةٍ مثاليةٍ مِنْ متغيّرِ الاستجابة. ويجب أن يكون اتّجاهَ الحركةِ طرديا مع الحسّاسيةِ المقدرة لأداءِ كُلّ متغيّر.

وبالرغم من أن الدوال التربيعيةِ تُستعملُ أحياناً، فإنه من المفترض أنّ يتعلّقَ الأداءُ بالتغييرِ بشكل خطيّ في متغيّراتِ الموجه ذات التغيير الطفيف. افرضْ أنّ هناك تقريبٌ جيدٌ في الشكل الخطيّ, فإنّ قاعدةَ الصعود الحادِّ الخطيِّ, تقرر أنّ كُلّ متغيّرٍ موجّهٍ يتغيّرُ بالنسبةِ إلى مقدارِ انحدارِه. وعندما يتغير كُلّ متغيّر موجّه بمقدار صغير ، فإن ذلك يماثلُ إيجاد الميلِ في تلك النقطة. وبالنسبة لواجهةٍ تَحتوي على n من المتغيّرات الموجّهة، فإن هذا يَتطلّبُ الإشارة لـ N نقطةٍ من مناطق الاهتمامِ . و عندما تكون المشكلة عبارة عن سطح إهليليجي غير متعدد الأبعاد، تُنتزع نقاط التماس المتوازية مِنْ التماس الثنائي bitangent ونقاط الانقلاب والمخططاتِ المغلقة. ونقاطُ الالتماس المتوازية هي نقاط على المخططاتِ المغلقة, حيث إنَّ الظلّ موازٍ للتماس الثنائي أَو الظلّ في نقطةِ الانقلاب.

تقنية البحثِ: Tabu

تقنيةُ البحثِ Tabu, هي التقنية الفعّالة للتَغَلُّب على الأمثليةِ المحليّةِ لتحقيقِ الأمثلية المتقطعة. ويُستكشفُ فضاءُ البحثِ بالانتِقال من الحَلّ إلى جارِه الأفضلِ، حتى إذا كان هذا الناتج يُؤدّي إلى تدهور قيمةِ قياس الأداء. وتَزِيدُ هذه النظرةُ من ما يشبه الخروج من الأفضليات المحليّةِ. و لتَجَنُّب الدوران، فإن الحلول التي فُحِصتْ مؤخراً تُعلنُ عن Tabu أو (Taboo) لعدد معيّن من التكرارِ. وبتطبيق إجراءاتِ مركزة يُمْكِنُ أَنْ يحصر البحثَ في منطقة وَاعِدة مِنْ مناطقِ الحَلّ. وعلى النقيض من ذلك، فيمكن التنوع باستَعمال diversification لتَوسيع البحثِ إلى أقل المناطق استكشافاً. وهناك الكثير من الأشياء الّتي لم تُكتَشفُ حول مدى المشاكلِ التي تناسب البحث Tabu.

التقنيات من النوعِ Hooke و Jeeves

إن نمطي البحث Hooke و Jeeves يَستعملان نوعينِ من الحركاتِ, وبالتحديد هما التحرك الاستطلاعي والتحرّك النمطي. إنّ التحرّكَ الاستطلاعيَ يمكن إنجازه بإجراء بحث تنسيقي بالمرور مرة واحدة على كُلّ المتغيّرات. و هذا يَعطي "نقطة أساسية جديدة", يمكن أن

ينطلق منها التحرك النمطي. أما التحرّك النمطي فهو قفزة في اتّجاهِ النمط يتم تحديدها بطَرْح النقطةِ الأساسيةِ الحاليةِ مِنْ النقطةِ الأساسيةِ السابقةِ. وبعد هذا التحرّك النمطَي، يكون هناك تحرّكا استطلاعياً آخرَ مُنَفَّذاً في النقطةِ التي تم الوصول إليها . إذا كان تقدير الدالة J(v) مُحسَّناً في النقطةِ النهائيةِ بعد التحرّكِ الاستطلاعيِ الثانيِ، فتُصبحُ هذه الدالة هي النقطةُ الأساسيةُ الجديدةُ. أما إذا أخفق في إيجاد التحسينِ، فيُنَفَّذ تحرّك استطلاعيّ عند النقطةِ الأساسيةِ الأخيرةِ, مَع خطوة صغيرة في البحثِ المنسّقِ، و تتَوقّفُ العمليةُ عندما تكون الخطوةُ "أصغر" ما يمكن.

تقنيات السمبلكس: Simplex-based techniques

تُجرى في هذه التقنيةِ المحاكاةُ أولاً على قِمَمِ السمبلكس (البسيطِ) الأولية؛ وبمعنى آخر: الشكل متعدد السطوح polyhedron في فضاء v الذي له N+1 قِمَة. إن أيّ سمبلكس لاحق (منتقل نحو الأمثلية optimum), يُشَكَّل بثلاث عملياتٍ ينفذ على السمبلكس الحالي هي: الانعكاس, reflection والانكماش, contraction والتوسّع expansion. وفي كُلّ مرحلة من مراحل عمليةِ البحث، فإن القيمة الأعلى للدالة J(v) تُسْتَبْدل بالنقطة الجديدة التي تم الحصول عليها بالانعكاس خلال المتمركز centroid البسيطِ. واعتِماداً على قيمةِ الدالة J(v) في هذه النقطةِ الجديدةِ، فإن السمبلكس إمّا أن يتوسّع, أويتَقَلّص, أَو لا يكون هناك أي تغيير. تَبْدأُ تقنيةُ السمبلكس مَع مجموعة لها N+1 من العواملِ تم ضبطها. وهذه النقاط التي عددها N+1 لها مسافات متساوية مِنْ النقطةِ الحاليةِ. وبالإضافة إلى ذلك، فإن المسافة بين أيّ نقطتين مِنْ هذه النقاطِ التي عددها N+1 متساوية. و بمُقَارَنَة قِيَمِ الاستجابة تقوم هذه التقنيةُ بإزالة العواملَ التي تم ضبطها بأسوأ قيمةِ وظيفيةٍ, ويَستبدلُه بمكان عاملِ جديدِ تم تحديده مِن قِبل الممركز بأوضاع العواملِ الباقيةِ, وإعداد العواملِ المُزَالةِ. إن السمبلكس الناتج إمّا أن يَنْموَ أَو يَنكمشَ، اعتِمادا على قيمةِ الاستجابة في أماكنِ العواملِ الجديدةِ. و يُكرّرُ هذا الإجراءُ حتى لا يُمْكِنُ أن يكون هناك أي تحسّنٍ يذكر بإزالة هذه النقطة, و الناتج

النهائي للسمبلكس صغيرُ. ورغم أن هذه التقنيةَ عموماً تؤدي أداءً حَسناً مع المشاكلِ المنطلِقةِ، فقَدْ ◌َتَنهارُ هذه التقنية عند نقطةٍ على حدود المنطقة العملية, مما قد يُسبّبُ للبحث توقّفا غير مكتمل. هذه التقنيةُ فعّالةٌ إذا كانت واجهة الاستجابة عموماً في شكّل كروي, حتى ولو ببَعْض النقاطِ المثاليةِ المحليّةِ.

نشاط



استخدم محرك البحث (Google) للبحث عن تقنية البحث Tabu, والتقنيات من النوع Jeevse, Hooke وتقنيات السمبلكس في المحاكاة شارك زملاءك في الوصول إلى نتائج استعن بأصحاب الخبرة في هذا المجال, ثم قدم نتائج البحث للمشرف.

أسئلة تقويم ذاتي



1. كيف ومتى نستخدم تقنيات تحقيق الأمثلية بواسطة المحاكاة؟.
2. اذكر الاصناف الستة لتقنيات تحقيق الأمثلية.
3. اشرح تقنية البحث الإرشادي.
4. عرف تقنيات البحث النمطي.

3.6 تقنيات البحثِ الاحتماليةِ

تَختارُ كُلّ تقنيات البحثِ الاحتماليةِ نقاطَ محاولة يتم التحكم فيها مِن قِبل توزيع المَسْحِ الذي يعتبر المصدرُ الرئيس للعشوائية. و **تَتضمّنُ تقنياتُ البحث الأنواع التالية:**

أ. البحث العشوائي.
ب. تقنيات تكيفية صرفة.
ج. المحاكاة المرنة.
د. الطرق الوراثية.

البحث العشوائي:

البحثُ العشوائيُ هو أبسط الطرق، لكنه الأكثر شعبيةً. وتتمركزُ دالة كثافةِ الاحتمالِ المتماثلةِ (pdf) (ومثال على ذلك: التوزيع الطبيعي) حول الموقعِ الحالي الأفضل. وتعتبرالدالة الطبيعية القياسية N(0, 1), هي الاختيار الشعبي أيضاً, بالرغم من عمومية التوزيعِ الموحّدِ U[-1, 1].

إن تباين تقنيةِ البحثِ العشوائيةِ يحدد الحَدّ الأعلى مِنْ دالة الهدف, بتَحليل توزيعِ الدالة J(v) في المنطقةِ الثانويةِ المحدودة. و تُلاءمُ البيانات العشوائية في هذا التباين إلى دالة توزيعِ ذات قيمِ asymptotic حادة، و*J مقدرة مَع بيان ثقةِ. ولسوء الحظ، هذه التقنياتُ لا تَستطيعُ تحديد موقعِ *J، الذي يُمكنُ أَنْ يَكُونَ مهما جدا مثل J نفسه. وتقوم بَعْض التقنياتِ بحساب القيمةِ المتوسطةِ, والانحراف المعياري للدالة J(v) مِنْ البياناتِ العشوائيةِ التي جمعت. وعلى افتراض أنَّ J مُوَزَّعُ طبيعياً في المنطقةِ العمليةِ، فإن المحاولة الأولى التي تُنتجُ قيمةَ J لانحرافين معياريين ضمن القيمةِ المتوسطةِ، مَأْخُوذةُ كحَلّ تقريبي من الأمثل.

البحث التكيفي الصرف: Pure adaptive search

أُقتُرحتْ تقنيات البحثِ التكيفيةِ الصرفةِ المُخْتَلِفةِ لتحقيقِ الأمثلية في المحاكاةِ. و جوهرياً، تَتحرّكُ هذه التقنياتُ مِنْ الحَلِّ الحاليِ إلى الحَلِّ القادمِ الذي يتم اختيار عينته بشكل موحّد مِنْ مجموعةِ كُلّ الحلول العملية المفضلة.

التقنيات التطوّرية: Evolutionary Techniques

إذا نظرنا في هذه الطبيعة نجدها قويّة ومتماسكة. ويمكن تقليد بعض من هذه المزايا والاستفادة منها وتطبيقها في الواقع، وذلك بتَحليل آليةِ تحقيقِ الأمثلية الطبيعةِ التي ربما توفره لنا هذه التقنيات, كحلول مقبولةِ للمشاكلِ الصعبة. وهناك ظاهرتان لَهُما مستقبل واعد هما: محاكاة التَلْدين والتقنياتٌ الوراثيةُ.

محاكاة التَلْدين (المرونة): Simulated annealing (SA)

تستعيرُ محاكاة التَلْدين (SA) أفكارَها الأساسيةَ مِنْ الميكانيكا الإحصائيةِ. عندما يُبرّدُ المعدن، تُرتّبُ الألكترونات نفسها في نمطِ مثاليّ لنقلِ الطاقةِ. عُموماً فإن نظامَ التَبريد البطئ ذا الطاقة البسيطة يجِّدد ترتيبَ الذرّاتِ أخيراً. هذا السلوكُ هو الذي يُحفّزُ طريقةَ تحقيقِ الأمثلية مِن قِبل محاكاة التلدين. وفي محاكاة التلدين نقوم أولا ببناء نموذج النظام, ثم نَنْقصُ "درجةَ حرارة" هذا النظامِ النظريِ ببطء، حتى يُفترضْ النظام أن تركيب الطاقةِ قد أصبح أقل ما يمكنِ. إنّ المشكلةَ هي كَيفَ نُخطّطُ مشكلتَنا المعيّنةَ إلى مثل هذا المخططِ المُحسّن.

محاكاة التَلْدين كتقنية لتحقيقِ الأمثلية قُدّمتْ في البداية لحَلّ المشاكلِ التي تحققِ الأمثلية في المتقطع، وبشكل رئيس لتحقيق الأمثلية التركيبية combinatorial. بعد ذلك، طبقت هذه التقنيةُ بنجاح لتحلّ مشاكلَ تحقيقِ الأمثلية في مجال متغيّراتِ القرارِ المستمرةِ. كما أن محاكاة التَلْدين هي تقنية لتحقيقِ أمثلية المحاكاةِ التي تَسْمحُ لحركاتِ الصعود العشوائيةِ لتَهْربَ من الحدود المحليّةِ الدنيا ، لكن ذلك مقابل دفع سعر هو الزيادة الكبيرة في الوقتِ

المَطلوب للعمليات الحسابيةِ. ومن الممكن إثبَات أنّ هذه التقنيةَ سَتَجِدُ رواجاً في القَريب، لكن جدولة التَلْدين تتطلّبُ وقتاً طويلاً للوُصُول إلى الأوج الحقيقي.

نشاط



حاول استخدام الحاسوب في البحث عن النمذجة والمحاكاة, وتطبيق مادرست, وإذا كانت لديك الرغبة والقدرة حاول الدخول في شبكة الانترنت في المصادر الفورية (On line) .

التقنيات الوراثية: Genetic techniques

التقنيات الوراثية (GT), هي تقنيات لتحقيق الأمثلية, تَستعملُ الأفكارَ التطورِية لتَحسين النظام الذي يصعبُ على تقنياتِ تحقيقِ الأمثلية التقليديةِ تحقيقها. ومن المعروف أن الكائنات الحية تَعْرفُ كيف تُكَيُّف أنفسها لتتأقلم مع البيئة.

تختلفُ التقنيات الوراثية عن إجراءاتِ تحقيقِ الأمثلية التقليديةِ في أنها تَعْملُ مَع تشفير مجموعةِ معلمات القرار، ولَيسَت المعلمات أنفسها؛ كما أن التقنيات الوراثية تبحث في نقاط المجتمع، ولَيسَت في نقطة واحدة. وتستعمل التقنيات الوراثية معلومات دالة الهدف، ولَيسَت المشتقات أَو أي مساعدات معرفية أخرى, وأخيراً تستعمل التقنيات الوراثية قوانين الانتقال الاحتمالي، ولَيسَت القواعدَ الحتميةَ. إذن التقنيات الوراثية هي تقنيات لتحقيق الأمثلية باستخدام البحث الاحتماليَ الذي لا يَتطلّبُ معرفةً رياضيةً بواجهة استجابة النظامِ المراد تحسينه. وقد تم استعارة أفكار التطورِ الوراثيِ، و بشكل مُحدّد فإن هذه الأفكار هي الاختيار selection، والانتقال crossover ، والتغير mutation .

الاختيار:

إنّ النقاطَ الحاليةَ في الفضاءِ تُصَنَّف من ناحية ملاءمتها حسب قِيَمِ استجاباتها الخاصةِ. و يُخصّصُ الاحتمال إلى كُلّ نقطة مناسبة لمطابقتها، ويتم اختيار الأباء (تزاوجُ الأزواج) بشكل عشوائي.

الانتقال:

يتم اختيار النقطة الجديدةِ، أَو النسل، استنادا على بَعْضٍ من تركيبات عِلْمِ وراثة الآباء.

التغير:

إنّ موقعَ النسلِ أيضاً معرّض للتغيرِ، وهو عبارة عن عملية تَحْدثُ باحتمالِ p، التي يُستَبدلُ فيها النسل بشكل عشوائي مِن قِبل موقع النسلِ الجديدِ.

تُولّدُ التقنيات الوراثية العامة نسلا جديدا p في الحال, ثم يَقْتلُ كُلّ الأباء. و هذا التعديلِ مهمُ جداً في بيئةِ المحاكاة. إن التقنيات الوراثية مناسبَة جداً لتحقيقِ الأمثلية النوعيةِ, أَو تحقيقِ أمثلية قرارِ وسياسات مثل اخْتيارَ أفضل نظام للاصطفاف, أوطبوغرافية الشبكات network topologies. ويمكن استعمالها للمُسَاعَدَة في تحديد تصميمِ النظامِ وتشغيله. وُتطبق التقنيات الوراثية في أنظمةِ الجردِ، والمتاجر، ومشاكل المشاركة الزمنية للحاسوبِ . ولا توجد عيوب للتقنيات الوراثية كما هو الحال لبَعْض التقنيات الأخرى التي تسعى لتحقيقِ الأمثلية، وسَيُؤدّي هذا إلى حساب أفضل للأمثليات مِنْ تلك التي توجد مَع التقنياتِ التقليدية. و يُمْكِنُ لمتخذي القرار أَنْ يَبْحثوا واجهة الاستجابة بالعديد مِنْ الأمثليات المحليّة, وإيجاد (مَع احتمال عالٍ) القيمة القصوى الشاملة التقريبية. وقَدْ يُستعملُ التقنيات الوراثية لإيجاد منطقة الاهتمامِ المحتملِ، وبعد ذلك يَلْجأُ إلى التقنياتِ الأخرى لإيجاد القيمة القصوى (الأوج).

التطور التفاضلي:(DE) Differential Evolution :

التطور التفاضلي نوع وراثي مِنْ الخوارزمياتِ لحَلّ تحقيقِ الأمثلية للدالة التصادفية المستمرة. إنّ الفكرةَ الأساسيةَ هي استعمالُ الفرق بين المتجهاتِ لاضطراب مجتمع المتجه. و يُضيفُ التطورُ التفاضليُ الفرق المرجّحَ بين موجهي مجتمع إلى متجه ثالث. هذا الطريق، لا يُستَعمل فيه توزيعٌ احتمالِيّ متقطع، الشيء الذي يَجْعلُ هذا المخططَ منظما ذاتيا.

مقارنة بسيطة:

عندما تنفذ تقنيات البحثِ عُموماً، ومحاكاة التَلْدين أَو التقنيات الوراثية بشكل مُحدّد، يَظْهرُ هناك سؤال هو: كَيفَ يُولّدُ الحَلّ الأولي؟. هَلْ يَجِبُ أَنْ يَكُونَ مستنداً على قاعدة إرشادية, أَو يعتمد على البيانات التي تولد بشكل عشوائي؟ نظرياً، هذا ليس مهما، ولكن في الممارسةِ فإن هذا يَعتمدُ على نوع المشكلةِ. في بَعْض الحالاتِ فإن الحَلَّ العشوائيَ الصِّرْفَ قد يُنتجُ عنه نَتائِجُ نهائيةٌ أفضل وبشكل منظّم. ومن الناحية الأخرى فإن الحَلّ الأولي الجيد قَدْ يُؤدّي إلى تقليل عدد مرات تنفيذ المحاكاة للنظام ككل. وهذا قد يَكُونَ مهمَا، كما هو الحال مع التكرارات التي تَأْخذُ وقتا طويلا نسبياً؛ لذا، يَجِبُ استعمال بَعْض قواعدِ الإنهاءِ الذكيةِ. وزمن المحاكاةِ أمر مهم وحاسم في عمليةِ تحقيقِ الأمثلية (عنق الزجاجة). و في العديد مِنْ الحالاتِ تنفذ المحاكاة عدّة مرات باستخدام حلولِ أوليةِ مختلفةِ. و هذه التقنيةِ متينةُ جداً، لَكنَّها تَتطلّبُ العددَ الأقصى للتكرارات مقَارنَة بكُلّ التقنيات الأخرى. وتطبق تقنيةُ البحثِ النمطَي في المشاكلِ الصغيرةِ بدون أي قيودِ أَو معلماتِ إدخال نوعيةِ تَتطلّبُ تكرارات أقلَ مِّما تحتاج إليها التقنيات الوراثية. وعلى أية حال، فإن التقنيات الوراثية يُمْكِنُها أَنْ تُعالجَ القيودَ بسهولة، كما أن تعقيداتها الحسابية قليلة. وأخيراً، يُمْكِنُ لمحاكاة التَلْدين أَنْ تُضَمّنَ ضمن بحثِ Tabu لبِناء تقنية احتمالية من أجل تحقيقِ أمثلية عالميةِ.

4.6 تقنيات التقريبِ التصادفية

أُقترحتْ تقنيتان للتقريبِ التصادفي، ذاتا علاقة مع بعضهما البعض، إحداهما مِن قِبل روبنس ومونرو, والأخرى مِن قِبل كيفير وولف ويتز . التقنية الأولى لم تكنْ مفيدةً لتحقيقِ الأمثلية إلا إذا وُجِدَ مقدّر غير متحيّزِ للميلِ. وقد طوّرَ كيفير وولف ويتز إجراءً لتحقيقِ الأمثلية باستعمال الفروقات المحدودة. كلتا التقنيتين مفيدتان في تحقيقِ الأمثلية لدوال الضجيج، لَكنَّهما لَمْ تلقيا اهتمامَا كبييراً في حقلِ المحاكاة حتى وقت قريب. إن إجراءاتِ تعميم التقريبِ التصادفي وشفافيتها قد رفعت من شأن طريقة المعدّل المرجح وشبه الميل التصادفية. وتَتعاملُ هذه مع القيودِ، مثل الدوال غير التكاملية، وبَعْض أصنافِ الدوال غيرِ المحدّبةِ.

تقنيات من نوعِ كيفير وولف ويتز: Kiefer-Wolfowitz (K-W) type techniques

اقترحَ كيفير وولف ويتز تقريب فرق محدودٍ للمشتقةِ, يستعملُ أحد نسخِ تقنيةِ كيفير وولف ويتز فروقات محدودة ذات وجهينَ. الحقيقة الأولى التي يجب مُلاحَظَتها حول تقدير K-W أنّه يَتطلّبُ إجراء 2N محاكاة، حيث N طول معلمة المتجهِ v. فإذا كان لصانعِ القرار رغبة بتقديرِ الميلِ بالنسبة لكُلّ مكون مِنْ مكوّناتِ v، فيجب إجراء 2N محاكاة لكُلّ مكوّن v. وهذا غير فعّال. و الحقيقة الثانية هي أن لديها تباين ضعيف، وربما يُؤدّي ذلك إلى صعوباتٍ أثناء الحساباتِ العدديةِ.

تقنيات من النوعِ روبنس Robbins **و مونرو** Monro

تقنية روبنس– مونرو الأصلي (R-M) لَيستْ مخططا لتحقيقِ الأمثلية، و الأحرى إنّها إجراء لإيجاد جذرِ الدوال التي تعرف قِيَمها بالتحديد, ولكن يمكن مُلاحَظتها في وجود الضوضاءِ. وتطبيقه لتحقيقِ الأمثلية فوريُ، حيث يَستعملُ الإجراء لإيجاد جذرِ ميلِ دالة الهدف.

ولقد جدّدَ الباحثان الاهتمام بتقنية (R-M) كوسيلة من وسائل تحقيقِ الأمثلية، وبتطويرِ تحليلِ الاضطراب، و دالة النتيجةِ score function، وتقديرات مجالِ ترددِ المشتقاتِ. و تُعرف تحقيق الأمثلية لأنظمةِ المحاكاة التي تستند على تقنية (R-M) بتقنية التنفيذ مرة واحدة. و هذه الإجراءات تُحسّنُ نموذج المحاكاةِ في النوع الذي تجرى فيه المحاكاةِ مرة واحدة مَع طول فترة مقارنتة بالطرق الأخرى التي تتَطلّب خطوة تكرار واحدة. ويتم هذا التنفيذ بمُلاحَظَة قِيَمِ عيّنة من دالة الهدف، وبالاعتماد على هذه الملاحظاتِ، يُجدّدُ قِيَم المعلماتِ الموجّهةِ أثناء إجراء المحاكاةِ، أي، بدون إعادة تشغيل المحاكاةِ. إن سلسلة المُلاحِظات والتحديثات هذه تعْمَلُ مراراً وتكراراً، إلى أن تؤدّي في النهايةِ إلى تقدير الأمثلية بإجراء محاكاة واحدة. بالإضافة إلى تقليل العمليات الحسابيةِ الكبيرةِ، هذه التقنيةِ يُمكنُ أَنْ تَكُونَ أداة قويَّة في تحقيقِ الأمثلية والسيطرةِ الفوريةِ، حيث من الممكن أخذ الملاحظات و النظام يَتطوّرُ مع مرور الوقت.

5.6 طريقة سطحِ الميلِ Gradient surface method

عزيزي الدارس، من الممكن دَمجُ التقنيات التي تعتمد على الميلَ بطرقِ واجهة الاستجابة (response surface methods (RSM)), لأغراضِ تحقيقِ الأمثلية. ويمكن بناء واجهة الاستجابة بواسطة عدد (n) من نقاط الاستجابة ومكوّناتِ الميل.

تَدْمجُ طريقة ميلَ الواجهة (gradient surface method (GSM)). ومزيّةَ طرقِ واجهة الاستجابة كتلك التي تنفذ مَرة واحدة، وتقنيات تقديرِ الميلِ مثل تحليلِ الاضطراب، و تقنيات دالة النتيجة. إن إجراء تجربة محاكاةٍ واحدةٍ مع قليل من العمل الإضافي, ينتج N +1 جزءً من المعلومات, وبمعنى آخر: نقطة استجابة واحدة وN من مكوّنات الميلِ. وهذه بالمقارنة مع المحاكاةِ الخامِّ– حيث المعلومة تتكون من جزء واحد فقط– هو قيمة الاستجابة المكتسبةُ من كلّ تجربةِ. وهكذا نحصل على مزايا الكفاءةِ الحسابيةِ لمقدّرات الميلِ عند إجراء محاولة واحدةِ.

عُموماً، سَنكُونُ محتاجين لأقل من أضعاف N من التجارب لمُلاءمَة الواجهة الشاملة بالمقارنَة إلى RSM. وفي كُلّ خطوة، بدلاً مِنْ استعمال تقنياتَ روبنز مونرو لتَحديد مكان النقطةِ القادمةِ محلياً، سيتم تحديد مرشّح للنقطةِ القادمةِ عالمياً، بالاعتماد على النقطة الحاليةِ الشاملة الملائمة لواجهة الأداءِ.

إن أسلوب ميل الواجهة لَه فوائدُ كثيرة؛ إذ يُمْكِنُ للتقنية أَنْ تَصلَ بسرعة إلى القرب من الحَلِّ المثاليّ؛ لأن توجيهَها شامل. وبهذه الطريقة يمكن إيجاد حلولٍ مُرضيةٍ وسريعة, وبنفس طريقة RSM ، فهي تستفيد من كُلّ المعلومات المتراكمة، وبالإضافة إلى ذلك، فإنها تَستعملُ تركيبة واجهة الميلِ، بدلاً مِنْ تَوجيه تركيبة واجهة استجابة الأداءِ عن طريق مقدّرات الميلِ التي تجرى مرة واحدة . وهذا بالطبع يُخفّضُ الجُهودَ الحسابيةَ بشكل ملحوظ, إذا قورنت مَع RSM. وتشبيها لها بطريقة RSM، فإن GSM أقل حسّاسية لخطأِ التقديرِ والأمثليةِ المحليّةِ، وأخيراً، فإن هذه التقنية تنفذ على الإنترنت، إذ يمكن تطبيقُ هذه التقنية أثناء عمل النظامَ.
إن أي مخطط مثاليّ لتحقيقِ الأمثلية يَتضمّنُ مرحلتين هما:

أ. مرحلة البحثِ.
ب. مرحلةِ التكرار.

و تَفترضُ أغلب النتائج في التعقيدات الحسابيةِ التحليليةِ بأنّ تكون التقريباتُ الأوليةُ الجيدةُ متوفرة، وتَتعاملُ مع مرحلةِ التكرار فقط. ويُمْكِنُ تقليل الوقت المطلوب في مرحلةِ التكرارَ إذا صُرف وقتٌ كافٍ في مرحلةِ البحثِ الأوليةِ. وتَحوي المقالات والأبحاث المنشورة في هذا المجال شروطاً لتحقيق تقاربِ العملية, و يجِبُ على العملية أَنْ تَكُونَ أكثر مِنْ متقاربة لكي تَكُونَ مثيرة بشكل حسابي. ومن الضروريُ أيضا أن نَكُونَ قادرين على تَحديد تكلفةِ الحسابِ. وبهذا المعنى، فإن أسلوب ميل الواجهة يُمْكِنُ أَنْ يُقدمَ مساعدة في مرحلةِ البحث, ومساعدةً

لتَحديد تكلفةِ الحسابِ. كما يُمْكِنُ تَبنّى أدواتٍ قياسيةٍ أَو أدوات بسيطةٍ لحل بعض القضايا, مثل قواعدِ الإيقاف.

لتحقيقِ الأمثلية على الإنترنتِ، يَجب استعمال تصميم جديد في أسلوب ميل الواجهة, يعرف بالتصميم في 'اتّجاه واحد'. وبما أنه ليس من المُستحسن, ومن غير المسموح به اضطراب النظامَ لتحقيقِ الأمثلية على الإنترنتِ، فإن التصميم العشوائي في العادة لَيسَ مناسبًا.

تحليل ما بَعْدَ الحَلّ:

تَعتمدُ النماذجُ التصادفية على معلماتِ المدخلات المضّطربة المُخْتَلِفةِ والخارجة عن السّيطرةِ التي يمكن تقديرها من مجموعةِ المعلومات الحالية المتوفرة . ويجب التركيزُ على السؤالِ الإحصائي بكيفية انتشار معلمة الإدخال غير المؤكدة uncertainty عبر النموذجِ داخل معلمة الإخراج المشكوك فيها . إنّ المراحلَ المتسلسلةَ هي مرحلة التحليلِ بعدَ التقادمي, والتحليل التقادمي و التحليلَ الوصفي.

محاكاة الأحداثِ النادرةِ:

يمكن استَعمال الانحرافات الكبيرة لتقدير وقوع احتمالِ الأحداثِ النادرةِ، مثل: فيض الذاكرة الوسيطة buffer overflow في شبكاتِ الاصطفاف. ومن السهل جدا تطبيقه في نماذجِ المرورِ العامّةِ، كما أنها متطوّرة بما فيه الكفاية لإعْطاء أفكارا مهمة في الأنظمة معقّدة السلوكِ.

و للمحاكاة فوائدُ عديدةُ مقارنة بالأساليب الأخرى من حيث الأداءَ و تقييمِ المَوثُوقِيِّة, وبشكل ملحوظ، قوَّتها في النمذجة ومرونتها. وعلى أية حال فإن المشكلة المحتملة لبَعْض النماذجِ هي الجُهدُ المفرطُ المطلوب في المحاكاةِ (الوقت) لإنْجاز الدقةِ المطلوبةِ. وبشكل خاص، فإن محاكاة النماذجِ التي تَتضمّنُ أحداثًا نادرةَ، مثل تلك المستعملة لتقييمِ الاتصالاتِ والأنظمةِ ذات الوثوقيةِ العالية، لَيستْ عملياً استعمال التقنيات القياسية في أغلب الأحيان. وفي

السَنَوات الأخيرة، فإن هناك تقدّم نظري وعملي مهمّ نحو تطويرِ تقنياتِ المحاكاةِ الفعالة لتقييمِ هذه الأنظمةِ.

تَتضمّنُ هذه المنهجيات : تقنيات تستند على أخذ العينات المهمةِ، وطريقة إعادة التشغيل "restart" method, و تقنيات تحليلية هجينة, و تقنيات محاكاةٍ, بالإضافة لبعض الأساليب التي ابتُكرت حديثاً.

تعدد النمذجة Metamodeling **ومسائل البحث عن الهدف** Goal seeking Problems

بالرغم من أن نماذج المحاكاة أسهل مِنْ أنظمة العالم الحقيقي، إلا أنّ الطريق ما زالَ معقّد جداً لربط مدخلات (v) بالدالة J(v). و يُستَعملُ أحياناً نموذجا تحليليا سهلا للمُساعدة في نموذجِ المحاكاة. هذا النموذج المساعد في أغلب الأحيان يسمى بتعدد النموذج metamodel أو النموذج المتعدد.

في العديد مِنْ تطبيقاتِ المحاكاةِ مثل تطبيقاتِ تحليل النظم وتصميمها، قَدْ لا يهتَمُّ صانع القرار بتحقيقِ الأمثلية, لكن يَتمنّى فقط إنْجاز قيمة محددة للدالة J(v)، مثلا J_0. وهذه هي مشكلةُ إرادة الهدفِ أو البحث عن الهدف : إذا تحصلنا على قيمة الناتجِ الهدفِي J_0 مِنْ الأداءِ ومعلميات من عائلة pdf، فيَجِبُ إيجاد قيمةِ مدخلات المعلمة، التي تُولّدُ مثل هذا الناتجِ.

هناك عِدّة تقنيات متوفرة لتعدد النماذج منها : تصميم التجاربِ، و منهج واجهة الاستجابة, وأساليب Taguchi، والشبكات العصبية، والتَعَلّم الحثّي...إلخ. و لَرُبَّما يكون لتعدد النموذج أغراضُ أخرى مختلفةُ مثل تبسيط النماذج وتفسيرها، وتحقيق الأمثلية، وتحليلِ ماذا لو، والتعميم للنماذجِ من نفس النوعِ. **و يُمْكِنُ استَعمالَ النموذج التالي –متعدّد الحدود– كنموذج مساعد.**

$$J(v) = J(v_0) + \delta v.J'(v_0) + (\delta v)^2 J''(v_0) / 2 +$$

حيث $\delta v = v - v_0$ والبدايات تدلُّ على الاشتقاقاتِ. وتقرب تعدد النموذج هذه الدالة $J(v)$ لقيمة صغيرة δv . و لتقدير $J(v)$ المقابل لـ v_0 بدالة خطية، نَحتاجُ لتقدير الدالة الاسمية $J(v)$ ومشتقها الأول. تقليدياً، هذا الاشتقاق يمكن تقديره باستخدام مونتي كارلو Monte Carlo الخامّ؛ وبمعنى آخر: فإن هذا الاختلاف محدود, ويتطلب ذلك إجراء نموذج المحاكاة مرة ثانيةً.

أسئلة تقويم ذاتي

1. ماهي أنواع تقنيات البحث؟.
2. اشرح التقنيات التطورية محاكاة التلدين والتقنيات الوراثية.
3. بين معاني التطور التفاضلي.
4. تقنيات التقريب التصادقية اثنان اذكرهما واشرحهما.
5. ماهي الأغراض التي تستخدم فيها طريقة سطح الميل؟.

الخلاصة

عزيزي الدارس، قد تعرضت هذه الوحدة لنمذجة ومحاكاة النظم العامة، ونظام الأحداث المتقطعة بشكل خاص، في دراستك لبعض التقنيات المستخدمة لمحاكاة الحالات الثانية أمثلة الطريقة المتحدة, فهي لا تطبق إلا نادراً في المحاكاة. المسألة الواردة تحتاج أن يستعمل جدول z أو جدول t في حلها, وكذلك طريقة المتوسطات الدفعية, وكذلك طريقة التكرار المستقل.

استخدام الحركة في المحاكاة لأنظمة تعتمد على الصور المتحركة, وتغير في تطبيق نظام المحاكاة المتطور ,ولايمكن أن تعمل بدون الحاسوب, وتمتاز بسهولة القراءة والصيانة. أما ديناميكية النظام ومحاكاة الأحداث المتقطعة فتتكون في الغالب من مستويين أولى طريقة صانع النماذج لتثميل الأنظمة مختلفة، وخورزمات المحاكيات مختلفة أيضاً.

تقنيات تقرير الحساسية يستعملها المهندسون والمديرون للحصول على المعلومات حول الأنظمة التصادفية المعقدة, مثل شبكات الاتصال والتخطيط والنمذجة المالية, وتجميع الإنتاج لقياس أداء J(V), وبعض تقديراتها بغرض التحليل والسيطرة في مجال مجموعة البيانات المتوفرة والأسئلة الاحصائية يتم تحقيق الأمثلية. يمكن استعمال الحساسية dv/dj بارتياطها مع الخورزميات لتحقيق الأمثلية المختلفة التي من وظائفها تعديل V بشكل تدريجي حتى الوصول إلى نقطة تكون J(V) أقصي ما يمكن, أو أقل ما يمكن خورازمية الاضطراب الآني تحقيق الألية التكرارية التي يعتمد فقط على قياس دالة الهدف المراد تحسينها. يحسب تحليل الاضطراب تقريباً كل ما نتج من المحاكاة فإذا كان V يتغير تغيراً صغيراً فلابد من حساب التغير. ويجب أن تلاحظ ثلاث مراحل متتالية الأولى: كيف أن التغير في قيمة المعلمة يغير العينة الفردية نفسها، والثانية: تنعكس كتغير في إدراك عينة لاحقة, وأخيراً ماهي العلاقة بين تباين العينة وقيمتها المتوقعة؟

تنقسم تقنيات تحقيق الأمثلية في مجال المحاكاة إلى الاصناف لتالية:

1. البحث الحتمي.
2. البحث النمطي.
3. البحث الاحتمالي.
4. التقنيات التطويرية.
5. تقريب التصادقية.
6. الميل السطحي.

عزيزي الدارس، هذه الوحدة تحتاج إلى دراسة وفهم الحاسوب, وبرامج المحاكاة المتوفرة, والحصول على الجدول Z أو الجدول T لحل المسائل بالحاسوب, والتدريب المكثف للحصول على المهارة اللازمة بهذا الخصوص.

والله الموفق،،،

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

عزيزي الدارس، نمذجة تحليلات هندسة الحركة المرتبطة بشبكات الحاسوب والاتصالات, هو موضوع الوحدة التالية، حيث التعرف على خوارزميات التوجيه التي تقوم بأدوار مهمة في عمل شبكات الحاسوب والاتصال, من حيث اختيار المسار, أو تدفق الرسائل, وهي تحدد مستوى كفاءة الأداء.

مسرد المصطلحات

- **الحالات الثابتة: Steady State**

محاكاة الحالات الثابتة تحتاج لجميع المخرجات وتؤمن تأمينا أحصائياً حتى الوصول بأن نموذج المحاكاة قد وصل الحالة الثابتة وهنالك تقنيتان تستخدمان عموماً لمحاكاة الحالات الثابته، هما طريقة الوسائل الدفعية, وطريقة التكرار المستقل.

- **طريقة المتوسطات الدفعية: Method of Batch Means**

تستخدم لمحاكاة واحدة فقط طويلة جداً, وتقسم الفترة بشكل مناسب إلى فترات عابرة أولية وعدد من الدفعات (ن), وتعمل كل دفعة باعتبارها دفعة مستقلة.

- **استخدام الحركة في محاكاة الأنظمة : Animation**

أغلب البرامج الأصلية لها خاصية الحركة أواستعمال الصور المتحركة, فهي أكثر واقعية ومفيدة إلى صانع القرار في تطبيق نموذج المحاكاة المتطور.

- **خوازرمية التقريب التصادفي الاضطرابي الأني:**

Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation

من الأساليب التي تعمل على تحقيق الأمثلية, فهي تتطلب عدداً أقل بكثير من إجراء المحاكاة للحصول على نتيجة جيدة, فهي سهلة الاستعمال في مشاكل تحقيق الأمثلية الصعبة.

- **تحليل الاضطراب:(PA) Perturbation Analysis**

يحسب تحليل الاضطراب تقريباً كل ما ينتج من المحاكاة, والفكرة الأساسية لهذا التحليل هي أنه عند بناء ممر لعينة ما باستعمال المشوش (V) يكون التركيب متشابها لتركيب طريقة العينة باستعمال المشوش (V), كما أن استعمال (PA) أن نترك هذا التغيير يقترب من الصفر للحصول على مقدار اشتقاق بدون مشاكل عددية.

- **التحليل التناغمي (التوافقي): Hamonic Analysis**

هو إستراتجية لتقدير محاكاة الميل, تستند على طريقة مجال التردد التي تختلف عن تجارب مجال الوقت, بحيث تتغير قيم كل المدخلات ضمن مداها المعروف أثناء عملية التنفيذ, وفي تحليل السلاسل الزمنية.

- **تقنيات البحث الحتمية:**

هي أساساً مستعارة من تقنيات تحقيق الأمثلية الحتمية, وأن دالة الهدف الحتمية المطلوبة في هذه التقنية قد تم استبدالها بتقدير يتم الحصول عليه من المحاكاة بامتلاك تقدير دقيق إلى حد معقول.

- **تقنية البحث الإرشادية:**

هي الأكثر استعمالاً في تحسين الرد السطحي, ويمكن أن تفكر فيها كأسلوب حدسي وتجريبي.

- **بحث واجهة الاستجابة:**

يحاول بحث واجهة الاستجابة ملاءمة متعددة الحدود في $J(V)$ إذا كان (V) صغيرا بشكل مناسب, فإن دالة الأداء $J(V)$ قد تقترب إلى واجهة الاستجابة.

- **تقنية البحث Tabu:**
- هي تقنية فعالة للتغلب على الأمثلية المحلية لتحقيق الأمثلية المتقطعة, واستكشاف فضاء البحث بالانتقال من الحل إلى جاره الأفضل لعدد معين من التكرار, ويحصر البحث في المنطقة الواعدة.

- **التقنيات من النوع Jeeoes ,Hooke**

يستعملان نوعين من الحركات وهما: التحرك الاستطلاعي والتحرك النمطي، بدءاً بالتحرك الاستطلاعي حتى يعطي نقطة أساسية جديدة يمكن أن ينطلق منها التحرك النمطي.

- **تقنيات السمبلكس:Simplexc based Techiques**

تجري تقنية المحاكاة أولاً على قمم السمبلكس البسيط الشكل, المتعدد السطوح في فضاء (v) الذي له N+1 قمة, وإلى سمبلكس لاحق متنقل نحو الأمثلية بشكل بثلاث عمليات وهي الانعاكس والانكماش والتوسع– من ثم انتقال الإجراء حتى الناتج النهائي للسمبلكس.

- **محاكاة التلدين: Simulatetd Annealing**

يستعير أفكاره الأساسية من المكيانيكا الإحصائية, عندما يبرد المعدن تترتب الإكترونات نفسها في نمط مثالي لنقل الطاقة، هذا السلوك هو الذي يحفز طريقة تحقيق الأمثلية من قبل محاكاة التلدين, وبشكل رئيس لتحقيق أمثلية المحاكاة.

- **التقنيات الوراثية:Genetic Techniquis (GT)**

هي تقنيات لتحقيق الأمثلية, تستعمل الأفكار التطورية لتحسين النظام الذي يصعب على تقنيات تحقيق الأمثلية التقليدية تحقيقها.

- **طريقة واجهة الميل: Gradient Surface Method(GSM)**

بهذه الطريقة يمكن إجراء تجربة محاكاة واحدة مع قليل من العمل الإضافي ينتج(N+1), وهكذا نحصل على مزايا الكفاءة الحسايبة لمقدرات الميل.

خوارزمية الاضطراب الآني Sumultaneous Perlurbationهي من خوارزميات تحقيق الأمثلية التكرارية التي تعتمد فقط على قياس دالة الهدف المراد تحسينه.

المصادر و المراجع

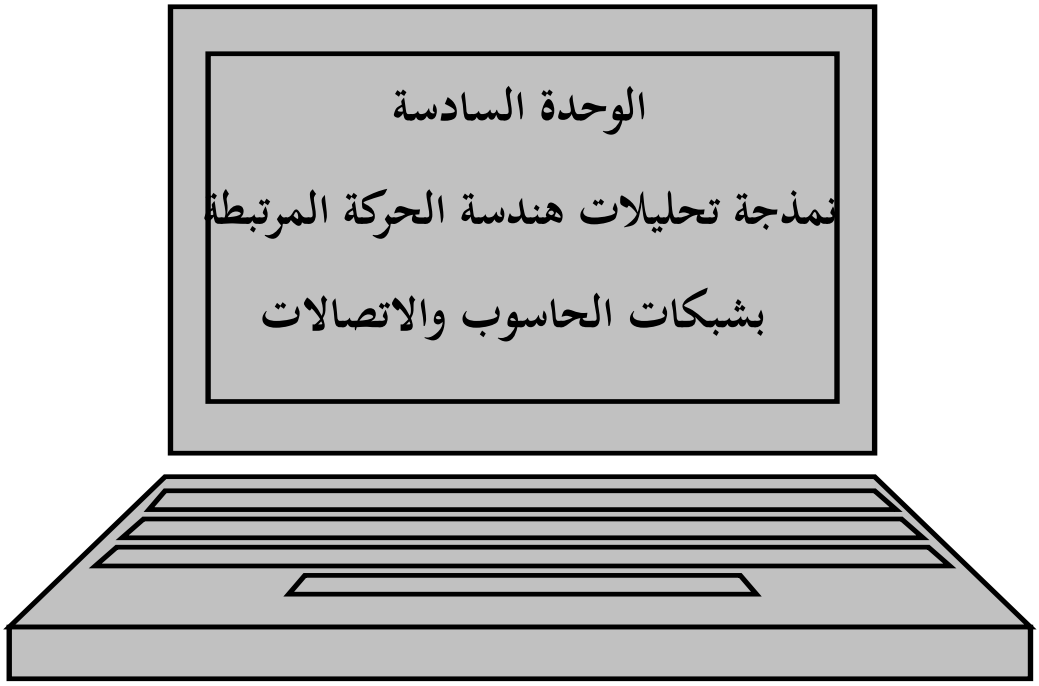
المراجع العربية

1. التميمي حسين عبد الله، **إدارة الإنتاج والعمليات (مدخل كمي)** الطبعة الأولى، دار الفكر، عمان1997م.
2. حزوري نعيم، **التخطيط والرقابة في المشروع**، منشورات جامعة حلب، حلب1990م.
3. حسن عادل، **تخطيط ومراقبة الإنتاج، مركز الإسكندرية للكتاب**، الإسكندرية1995م.
4. رجب عادل، **إدارة الإنتاج، منشورات جامعة حلب**، حلب1986م.
5. الزعبي فايز ،**الرقابة الإدارية في منظمات الأعمال**، 1995م.

المراجع الأجليزية

1. J.banks J.Carson and B Nelson. Discrete -Event System Simulation Third Edition Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey .USA.
2. MS Obaidat Simulation of Queueing Models in Computer Systems in Queueing Theory and Applications (S Ozekici Ed) pp.111-151 Hemisphere NY 1990 .
3. Al-Jayoussi and B Sadoum: Simulation and optimization of an Irrigation System. Proceedings of the 1998 Summer Computer Simulation Conference SCSC :98 The Society for Computer Simulation International pp 425-430 Reno Nevada July 1998 .
4. M.S Obadiah (Guest Editor) Special Issue on Performance Modeling and Simulation of ATM System and Networks: Part II Vol 78 No 4 April 2002.
5. R Jain the Art of computer systems Performance Analysis Techniques for Experimental Design Measurement Simulation and Modeling Wiley-Interscience New York NY April 1991.
6. F E Cellier .Continuous System Modeling .Springer-Verlag .1991

7. M.Kirschnick .The Performance Evaluation and Prediction System for Queueing Networks PEPSY –QNS University of Erlangen – Nuremberg Institute For Mathematics Maschinen and Datenverarbritung IV Teech Report TR -14-94-18.Jun 1994.
8. D G Feitelson and M a Jete: Improved Utilization and Responsiveness with Gang Scheduling in Scheduling Strategies for Parallel Processing Lecture Note in Computer Science D G Feitelsin and L Rudolph (Eds) Springer –Verlang Berlin Vol 1291 pp 238-261-1997.
9. SP Dandamudi and H Yu : Performance of Adaptive Space Sharing Processor Allocation Poicies for Distributed –Money Multicomputer . Journal of Parallel and distributed Computer Academic Press Vol -58-pp-109+125-1999.
10. www.mesquite.com (for simulation and modeling)
11. National Instruments : Lab view : system Simulation and Design Toolset www.ni.com .
12. www.google.com.


الوحدة السادسة
نمذجة تحليلات هندسة الحركة المرتبطة
بشبكات الحاسوب والاتصالات

محتويات الوحدة

الموضوع	صفحة
المقدمة	**225**
تمهيد	225
أهداف الوحدة	226
1. الخوارزميات وعمل شبكات الحاسوب	**227**
1.1 طول صف الانتظار وزمن الوصول والانحراف المعياري.	228
2.1 أنظمة الاصطفاف المقاطعة ذات الأسبقية وغير المتقاطعة ذات الأسبقية.	229
3.1 نظرية الاصطفاف	230
2. أنظمة الاصطفاف وحيدة القناة.	**234**
1.2 عملية الوصول	236
2.2 إحصائيات الخدمة لنظم M/M/1	239
3.2 سلاسل ماركوف المتقطعة	242
الخلاصة	**250**
مسرد المصطلحات	**251**
المصادر و المراجع	**253**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس، شبكات الحاسوب تحتاج لخوارزميات التوجيه, حيث يقع على أساسها اختيار المسار الأنسب لتوقف الرسائل, وانسياب حركة الرسائل وتحديد متوسط الزمن اللازم لايصال الرسالة, إضافة إلى الرسائل المصطفة, والتعرف على الموجهات المجاورة وعناوينها؛ لذا نجد هذه الوحدة تحتوي في قسمها الأول على الخوارزميات وعمل شبكات الحاسوب, والتي تنقسم إلى طول صف الانتظار وزمن الوصول والانحراف المعياري, ثم أنظمة الاصطفاف المقطعة وغير المتقطعة ذات الأسبقية ونظرية الاصطفاف.

أما القسم الثاني من الوحدة فمخصص لأنظمة الاصطفاف وحيدة القناة, وتحتوي على عملية الوصول وعملية الخدمة, وسلاسل الزمن المتقطعة "ماركوف". ستتخلل هذه الوحدة أنشطة وتدريبات وأسئلة تقويم ذاتي, نرجو الاهتمام بها, ونختم هذه الوحدة بالخلاصة وإجابات التدريبات التي وردت خلال الوحدة, وهنالك مسرد للمصطلحات المهمة التي وردت داخل الوحدة. وأخيراً هنالك أهم المراجع والمصادر التي يمكن الرجوع إليها لطلب المزيد من العلم والتعليم. وفي ختام المقرر نرجو من الله التوفيق والسداد.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراستك لهذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تشرح خوارزميات عمل شبكات الحاسوب.
2. توضح نظرية الاصطفاف.
3. تبين أنظمة الاصطفاف وحيدة القناة وتحل المسائل المتعلقة بها.
4. تستخدم سلاسل ماركوف المتقطعة في أخذ الفترات الزمنية, ونظام الاصطفاف وحيد القناة.

1. الخوارزميات وعمل شبكات الحاسوب

عزيزي الدارس, تقوم خوارزميات التوجيه (routing algorithms), بأدوار مهمة في عمل شبكات الحاسوب والاتصالات, حيث يتم على أساسها اختيار المسار الأنسب لتدفق الرسائل. وهي بهذا الدور تعتبر عاملاً مهماً في تحديد مستوى كفاءة أداء هذه الشبكات.

تتأثر خوارزميات التوجيه في تصميمها وعملها بالعوامل التي تحدد خصائص حركة انسياب الرسائل, وذلك مثل متوسط زمن الانتظار الذي يعتبر عاملاً مفصلياً في تصميم وعمل هذه الخوارزميات.

فعلى سبيل المثال فإن خوارزمية المسار الأقصر: shortest path routing algorithm تعتمد فكرة عملها على أن الخطوط التي تربط بين الموجهات تخصص لها ديباجات تحدد متوسط الزمن اللازم لإيصال الرسالة, ويشمل ذلك زمن الاصطفاف وزمن الإرسال.

مثال آخر هو خوارزمية التوجيه المعتمدة على انسياب الحركة: flow based routing algorithm وفي هذه الحالة يتم تحليل النظام رياضياً استنادا على نظرية الاصطفاف لحساب العوامل المختلفة, خاصة متوسط الزمن المطلوب لعبور الخطوط المختلفة. تستخدم خوارزميات التوجيه هذه المعلومات لتحديد المسار الأفضل للرسائل المعنية, ومن ثم حساب الزمن اللازم لإيصال الرسائل إلى وجهتها.

مثال ثالث يتمثل في خوارزمية متجه المسافة: distance vector routing algorithm وفي هذه الحالة يقوم كل موجه router ببناء جدول يوضح أفضل مسار معلوم لكل نقاط الشبكة. مرةً أخرى فإن المعيار المستخدم لتحديد المسار الأفضل يتمثل في متوسط الزمن اللازم لإيصال الرسالة, إضافةً إلى عدد الرسائل المصطفة, والتي يعتبر كبر عددها مؤشراً سالباً عن حالة هذا الخط الذي تتكدس فيه الرسائل.

مثال رابع يتمثل في خوارزمية حالة الربط: link state routing algorithm، وتعتمد فكرة هذه الخوارزمية على قيام كل موجه بالتعرف على الموجهات المجاورة وعناوينها, ومن ثم تحديد الزمن اللازم للوصول إلى كلٍ من هذه الموجهات. وبالتالي **فإن قاعدة بيانات متكاملة عن كل أجزاء الشبكة ستصبح متاحةً لاتخاذ قرارات التوجيه المناسبة.**

1.1 طول صف الانتظار وزمن الوصول والانحراف المعياري

هناك جانب آخر جدير بالذكر, وهو أن متوسط طول صف الانتظار, length average queue ومتوسط زمن وصول الرسائل average packet delays وانحرافاتها المعيارية,packet delays standard deviations تعتبر من العوامل التي تعتمد عليها خوارزميات التنبؤ بالاختناقات. علماً بأن أساليب تفادي الاختناقات في شبكات الحاسوب والاتصالات تعتمد بصورةٍ رئيسة على السياسات المتبعة في عمليات الاصطفاف والخدمة.

مثال آخر يتصل باستخدام رزم اختبار وجود اختناقات: choke packets congestion control technique والتي تعتمد على قيمة معامل الاستخدام, utilization factor وهو عبارة عن النسبة بين معدلي الوصول والخدمة. وفي هذه الحالة يقوم الموجه بمراقبة معامل الاستخدام, فإذا بدأت قيمته في تخطي الحدود المسموح بها (ويفضل ألا تقترب قيمته من الواحد الصحيح حتى لا يصبح معدل الوصول قريباً من معدل الخدمة)، فإن حالة النظام تعتبر حرجةً warning state.

تعتبر نظرية الاصطفاف: Queuing Theory من أهم الأساليب الرياضية التي يمكن استخدامها لإجراء تحليلات كمية لعوامل كثيرة مرتبطة بشبكات الحاسوب والاتصالات. هذه التحليلات الكمية تعتبر أساساً قوياً للقيام بعمليات نمذجة ومحاكاة لعمل هذه الشبكات بغية دراسة مستوى كفاءة أدائها, وسياسات تقديم الخدمة, وتحديد العوامل التي يمكن أن تستخدم في تفادي أوجه القصور, وكذا تطوير الأداء.

وتعتبر هذه الأساليب التحليلية المستندة على نظم الاصطفاف مؤهلةً للقيام بعمليات بناء النماذج التي تعبر عن النظم الحقيقية بصورةٍ دقيقة, تجعل من الممكن دراسة هذه النظم للوقوف على عددٍ من الجوانب مثل: دراسة أثر التغيرات التي قد تطرأ على مستوى الأحمال (أعداد المستخدمين), وبالتالي فإن هذه النماذج قادرة على أن تشكل قاعدةً قوية لأغراض التصميم, وكذا للقيام بعمليات الإسقاط Performance Projections اللازمة؛ لتحديد سلوك النظام إزاء مستويات التحميل المختلفة.

1.2 أنظمة الاصطفاف المتقاطعة ذات الأسبقية وغير المتقاطعة ذات الأسبقية

هناك العديد من النماذج التي يمكن استخدامها لوصف أنظمة الاصطفاف في شبكات الحاسوب والاتصالات, وذلك بنوعيها أنظمة الاصطفاف المقاطعة ذات الأسبقية, وأنظمة الاصطفاف غير المقاطعة ذات الأسبقية Preemptive and non-preemptive queuing systems

في حالة أنظمة الاصطفاف غير المقاطعة ذات الأسبقية, تقدم المهام ذات الأسبقية العليا لتخدم بوساطة الخادم, حتى تكمل خدمتها دون أن تقاطع. أما في حالة أنظمة الاصطفاف المقاطعة ذات الأسبقية فإنه يسمح بمقاطعة الخدمة في حالة وصول طالب خدمة ذي أسبقية عالية. نحن الآن بصدد تناول أنظمة الاصطفاف غير المقاطعة ذات الأسبقية.

بغرض الوصول إلى تحليلات ونتائج تعبر عن النظم الحقيقية تعبيراً دقيقاً, فإن نظرية الاصطفاف . وفي الكثير من الأحيان . تستوجب استخدام بعض الافتراضات التبسيطية. حيث إن الاعتماد على العلاقات الحقيقية في إجراء التحليلات, يقود إلى تعقيدات تجعل من الوصول إلى نتائج مثمرة يمكن الإفادة منها أمراً عسيراً بل مستحيلاً.

3.1 نظرية الاصطفاف

بافتراض أن تتبعاً لسلوك نظام قد بدأ عند الزمن t=0 صعوداً لمستقبل غير محدد، فإنه يمكن رصد الكميات التالية:

يعطي عدد المستخدمين في النظام حتى الزمن t بالعلاقة:

$N(t)$ = number of customers in the system at time t.

$\alpha(t)$ = Number of customers arrived in the interval (0, t).

T_i = Time spent in the system by the ith arriving

$$N_t = \frac{1}{t}\int_0^t N(\tau)d\tau \qquad 6.1$$

وهي تعبر عن المعدل الزمني حتى الزمن t .

تتغير قيمة N_t مع الزمن وتؤول للوصول إلى قيمة مستقرة N بزيادة قيمة الزمن t . وبالتالي فإن N تعطى بالعلاقة:

$$N = \lim_{t\to\infty} N_t \qquad 6.2$$

وتعبر N عن القيمة المستقرة للمعدل N_t .

يعطى معدل الوصول الزمني λ_t في الفترة (0, t) بالعلاقة:

$$\lambda_t = \frac{\alpha_t}{t} \qquad 6.3$$

وبالتالي، فإن القيمة المستقرة لمعدل الوصول تعطى بالعلاقة:

$$\lambda = \lim_{t\to\infty} \lambda_t \qquad 6.4$$

ويعطى المعدل الزمني لزمن بقاء الزبون في النظام بالعلاقة:

$$T_t = \frac{\sum_{i=0}^{\alpha(t)} T_i}{\alpha(t)} \qquad 6.5$$

وبالتالي، فإن القيمة المستقرة لزمن بقاء الزبون في النظام تعطى بالعلاقة:

$$T = \lim_{t\to\infty} T_t \qquad 6.6$$

وترتبط الكميات λ ,N و T بالعلاقة التالية التي تعرف بنظرية لتل (Little's Theorem):

$$N = \lambda T \qquad 6.7$$

التحليلات أعلاه اعتمدت على دالة وحيدة العينة.

ويمكن إجراء مثل هذه التحليلات استناداً على التوزيعات الإحصائية الاحتمالية كما هو موضح في الجزء التالي:

يعبر المتغير $P_n(t)$ عن احتمال وجود عدد n من الزبائن في النظام عند الزمن t, ويشمل ذلك الزبون الخاضع للخدمة آنياً إضافةً للمنتظرين. وفي هذه الحالة، من

الضروري الحصول على معلومات إضافية مثل الاحتمالات الابتدائية initial probabilities $P_n(0)$، التوزيع الاحتمالي للفترات الزمنية بين أوقات الوصول inter-arrival times، والتوزيع الاحتمالي لأزمان الخدمة service times .

يعطى معدل عدد المستخدمين (الزبائن) في النظام عند الزمن t بالعلاقة:

$$\bar{N}(t) = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n(t) \qquad 6.8$$

وتجدر الإشارة إلى أن كلا المقدارين $P_n(t)$ و $\bar{N}(t)$ يعتمدان على الزمن t, وكذا على القيم الابتدائية للتوزيعات الاحتمالية.

$$\lim_{t\to\infty} P_n(t) = P_n, n = 0,1,2,... \qquad 6.9$$

باستخدام المعادلتين (6.8) و (6.9)، فإن القيمة المستقرة لمعدل عدد المستخدمين في النظام تعطى بالعلاقة التالية:

$$\bar{N} = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n \qquad 6.10$$

$$\bar{N} = \lim_{t\to\infty} \bar{N}(t) \qquad 6.11$$

متوسط الزمن المستغرق بواسطة الزبون رقم k, يؤول لقيمة مستقرة كلما زادت قيمة k.

$$\bar{T} = \lim_{k\to\infty} \bar{T}_k \qquad 6.12$$

وللتعبير عن N و T في صورة معدلات زمنية

$$N = \lim_{t\to\infty} N(t) = \lim_{t\to\infty} \bar{N}(t) = \bar{N} \qquad 6.13$$

وهو أمر متوقع إذ إن N تؤول لقيمة مستقرة كلما زاد الزمن. وبذات الطريقة، فإن T تعطى بالعلاقة:

$$T = \lim_{k\to\infty} \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} T_i = \lim_{k\to\infty} \bar{T}_k = \bar{T} \qquad 6.14$$

تحت هذه الظروف وبصورةٍ مشابهة لما اشتملت عليه المعادلة (6.7)، فإن نظرية لتل Little's Theorem تتحقق $N = \lambda T$ مع المتغيرات N و T باعتبارها معدلات تصادفيةٍ Stochastic Averages وكذلك معدل الوصول Stochastic λ Average number of Arrivals و تعبر عن القيمة المتوقعة لعدد الواصلين في الفترة (0, t) مقسومةً على الزمن.

$$\lambda = \lim[\text{Expected number of arrivals in the interval } (0,t)]/t \qquad 6.15$$

2. أنظمة الاصطفاف وحيدة القناة M/M/1 Queuing Systems

عزيزي الدارس, تتكون أنظمة الاصطفاف وحيدة القناة من محطة اصطفاف واحدة, وقناةٍ واحدة للخدمة (خادم وحيد). يتبع الزبائن (طالبو الخدمة) في وصولهم لنظام توزيع بويسون Poisson Process بمعدل وصول يساوي λ . تتبع أوقات الخدمة Service Times التوزيع الأسي, Exponential Distribution بمتوسط يساوي $(1/\mu)$ ثانية.

أسئلة تقويم ذاتي

1. ما أهمية خوارزميات التوجيه في عمل شبكات الحاسوب؟
2. اشرح نظرية الاصطفاف.
3. كيف يتعامل النظام في حالة أنظمة الاصطفاف غير المقاطعة ذات الأسبقية وانظمة الاصطفاف المقاطعة ذات الأسبقية؟.

استناداً على التحليلات الخاصة بنظام M/M/1، يمكن إثبات العلاقات التالية:

$$* \ N = \frac{\rho}{(1-\rho)}$$

$$* \ N = \frac{\lambda/\mu}{(1-\lambda/\mu)} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

$$* \ T = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)}$$

* $T = \frac{1}{\mu - \lambda}$

* W =T-S

* $S = 1/\mu$

* $W = T - 1/\mu$

* $W = \frac{1}{\mu - \lambda} - \frac{1}{\mu} = \frac{\rho}{\mu - \lambda}$

* $N_Q = \lambda W = \frac{1}{\mu - \lambda} - \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda\rho}{\mu - \lambda} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$

* $\rho = 1 - P_0$

* $N_Q = \lambda W$

* $N = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n$

حيث: N العدد المتوقع للزبائن (طالبي الخدمة) في النظام.

λ : معدل الوصول Average Arrival Rate.

ρ : معامل الاستخدام Utilization Factor.

μ : معدل خدمة النظام System Service Rate.

T: متوسط زمن بقاء الزبون في النظام Average Delay per Customer.

W: متوسط زمن الانتظار Average Waiting Time.

S: متوسط زمن خدمة الزبون Service Time per Customer.

N_Q : متوسط عدد الزبائن المنتظرين.

Average Number of Queued Customers

P_0 : احتمال خلو النظام من المستخدمين.

Probability of 0 customers in the system.

P_n : احتمال وجود n من المستخدمين في النظام.

Probability of n customers in the system.

1.2 عملية الوصول Arrival Statistics

يصل المستخدمون في نظم M/M/1 تبعاً لتوزيع بويسون, الذي يمكن وصفه على النحو التالي:

تعتبر العملية التصادفية $\left(A(t)|t \geq 0\right)$, متبعةً لتوزيع بويسون Poisson Process بمعدل يساوي λ إذا استوفت الشروط التالية:

1/ العملية A(t) عملية تراكمية تعبر عن العدد الكلي للواصلين في الفترة (0, t),علماً بأن النظام كان خالياً في البداية (A(0)=0), وعدد الواصلين في الفترة (s, t) بعطى بالعلاقة:

A(t) –A(S).

2/ أعداد الواصلين في فترات زمنية غير متقاطعة مستقلة عن بعضها البعض.

3/ عدد الواصلين خلال أي فترة زمنية τ يتبع توزيع بويسون Poisson distributed بالمعامل $\lambda\tau$ حيث τ و t > 0 وذلك على النحو التالي:

$$P[A(t+\tau)-A(t)=n]=e^{-\lambda\tau}\frac{(\lambda\tau)^n}{n!} \quad ; \text{ n=0, 1,...} \qquad 6.16$$

عدد الواصلين في فترةٍ قدرها τ يساوي $\lambda\tau$.

نشاط



المطلوب عمل تقرير يوضح فيه معنى الرموز الواردة التالية باللغة الانجليزية, ومعناها باللغة العربية, وشرح معنى الخوارزميات.

$$N\ ,\lambda,\rho,\mu,\mathrm{T},\omega\mathrm{N}\alpha,\rho o,\rho\pi,\lambda\omega$$

$$Lim_{\ t\to\infty}\ ,\sum_{n=0}^{\infty} n\rho_n$$

ناقش التقرير مع زملائك, واعرضه للمشرف الأكاديمي.

و تستحق الخصائص التالية لتوزيع بويسون الذكر:

1/ الفترات الزمنية بين أزمان الوصول Inter-arrival times تتبع التوزيع الأسي exponentially distributed بالمعامل λ , وهي مستقلة عن بعضها البعض. وهذا يعني أنه وبافتراض أن t_n تمثل زمن وصول الزبون رقم n، فإن الفترة الزمنية بين وصول مستخدمين (زبونين) متتاليين $\tau_n = t_{n+1} - t_n$

تتبع التوزيع الاحتمالي التالي:

$$P(\tau_n \le S) = 1 - e^{-\lambda S} \qquad , S \ge 0 \qquad 6.17$$

وذلك بالدالة الاحتمالية probability density function

$$P(\tau_n) = \lambda e^{-\lambda \tau_n} \qquad 6.18$$

2/ لكل $t \ge 0$ و $\delta \ge 0$ فإن احتمال وصول 0، 1 و 2 من الزبائن يعطى بالعلاقات التالية:

$$P[A(t+\delta) - A(t) = 0] = 1 - \lambda\delta + 0(\delta)$$

$$P[A(t+\delta) - A(t) = 1] = \lambda\delta + 0(\delta)$$

$$P[A(t+\delta) - A(t) \ge 2] = 0(\delta)$$

$$P[A(t+\tau)-A(t)=n]=e^{-\lambda\tau}\frac{(\lambda\tau)^n}{n!} \qquad n=0,\ 1,\ldots$$

وذلك بتعويض قيم n في المعادلة أعلاها.

هذه المعادلات تبين أن مجموع احتمالات وصول 0، 1 و 2 من الواصلين يساوي واحداً, وهذا يعني أن احتمالات وصول أكثر من واصلين اثنين يساوي صفراً.

خصائص توزيع بويسون المذكورة أعلاه, تؤكد الحقيقة التي تقول بأن هذا التوزيع يمكن أن يشكل أساساً متيناً لعمليات النمذجة والمحاكاة, لاسيما تلك المتصلة بتحليلات هندسة الحركة المتصلة بشبكات الحاسوب والاتصالات, إذ إنها تتعامل مع أعداد كبيرة من المستخدمين المستقلين عن بعضهم البعض.

2.2 إحصائيات الخدمة لنظم (M/M/1)

تقضي تحليلات نظم M/M/1 بأن تتبع عملية الخدمة التوزيع الأسي بمعامل قدره μ . وهذا يعني أنه إذا كان S_n يمثل زمن الخدمة للزبون رقم n , فإن احتمال أن تكون هذه القيمة أصغر من أو مساويةً لقيمة محددة s تعطى بالعلاقة التالية:

$$P(S_n \le S)=1-e^{-\mu S} \qquad S \ge 0 \qquad 6.19$$

الدالة الاحتمالية المصاحبة probability density function تعطى بالعلاقة التالية:

$$P(S_n)=\mu e^{-\mu S_n} \qquad 6.20$$

وتكون أزمان الخدمة service times للزبائن المختلفين S_n مستقلةً عن بعضها البعض, وكذا مستقلةً عن الفترات الزمنية بين أزمان الوصول inter-arrival times .

ويمثل المعامل μ معدل الخدمة, ويعبر عن عدد الزبائن الذين تتم خدمتهم في وحدة الزمن عندما يعمل الخادم بطاقته القصوى.

تعتبر خاصية استقلالية الأحداث عن بعضها البعض memory-less character من أهم الخواص المرتبطة بالتوزيع الأسي. ويمكن التعبير عن هذه الاستقلالية على النحو التالي:

$$P(\tau_n > r+t | \tau_n > t) = P(\tau_n > r) \text{ for } r,t \geq 0 \qquad 6.21$$

$$P(S_n > r+t | S_n > t) = P(S_n > r) \qquad \text{for } r,t \geq 0 \qquad 6.22$$

ذلك أن هذه الخاصية تنطبق على الفترات الزمنية بين أزمان الوصول inter-arrival times إضافةً إلى أزمان الخدمة service times.

وتوضح المعادلة (6.22) أن الزمن المطلوب لإكمال الخدمة لا يعتمد على موعد بدء الخدمة. ويمكن توضيح هذه الخاصية على النحو التالي:

تنص الاحتمالات المشروطة كما ذكرنا في الوحدة الثالثة على العلاقة التالية:

$$P(A|B) = \frac{P(AB)}{P(B)} \qquad 6.23$$

وبالتالي:

$$P(\tau_n > r+t | \tau_n > t) = \frac{P(\tau_n > r+t)}{P(\tau_n > t)} \qquad 6.24$$

$$\frac{P(\tau_n > r+t)}{P(\tau_n > t)} = \frac{e^{-\lambda(r+t)}}{e^{-\lambda t}} = e^{-\lambda r} = P(\tau_n > r) \qquad 6.25$$

خاصية استقلالية كلٍ من الفترات الزمنية بين أزمان الوصول وأوقات الخدمة مقرونةً باستقلالهما عن بعضهما البعض تمكن من استخدام سلاسل ماركوف Markov Chains. وفي هذه الحالة فإن عدد المستخدمين في المستقبل, يعتمد على العدد في الماضي عن طريق العدد في الحاضر.

أسئلة تقويم ذاتي

1. صف أنظمة الاصطفاف وحيدة القناة.
2. عن طريق التحليل أثبت ان نظام M/M/I وحيد القناة يمكن أن يفيد في المحاكاة للأنظمة الأصلية.
3. وضح كيفية عملية وصول المستخدمين في نظام M/M/I تبعاً لتوزيع بويسون (Poisson)
4. اشرح عملية الخدمة في النظام وحيد القناة M/M/I

3.2 سلاسل ماركوف المتقطعة

عزيزي الدارس؛ باستخدام سلاسل ماركوف المتقطعة, discrete time Markov chains يمكن أخذ الفترات الزمنية التالية في الاعتبار:

$0, \delta, 2\delta, 3\delta, \ldots, k\delta$

حيث δ قيمة صغيرة موجبة. وتعبر القيمة N_k عن عدد المستخدمين في النظام عند الزمن $k\delta$. وبالتالي:

$N_k = N(k\delta).$

وتعطى الاحتمالات الانتقالية، ويرمز لها بالرمز P_{ij} ، بالعلاقة التالية:

$$P_{ij} = P\{N_{k+1} = j \mid N_k = i\}$$

العلاقات أعلاها توضح اعتماد الاحتمالات الانتقالية P_{ij} على δ.

المعادلة (6.16) تقود إلى الآتي:

$$P[A(t+\delta) - A(t) = 0] = 1 - \lambda\delta + 0(\delta)$$

$$P[A(t+\delta) - A(t) = 1] = \lambda\delta + 0(\delta)$$

$$P[A(t+\delta) - A(t) \geq 2] = 0(\delta)$$

وتوضح المعادلة (6.16) أن احتمال عدم وصول أي زبون $P(A_0)$ يعطى بالعلاقة التالية:

$$P(A_0) = e^{-\lambda\delta} \left. \frac{(\lambda\delta)^n}{n!} \right|_{n=0} = e^{-\lambda\delta} \qquad 6.26$$

المعادلة (6.26) أعلاه مع المعادلة (6.19) يفضيان إلى أن احتمال عدم وصول زبون, مع عدم مغادرة زبون يعطى بالعلاقة التالية:

$$P_{ii} = PA_0 * PD_0 = e^{-\lambda\delta} * e^{-\mu\delta}$$

$$P_{ii} = \left(1 - \lambda\delta + \frac{(\lambda\delta)^2}{2} - \cdots\right)\left(1 - \mu\delta + \frac{(\delta\mu)^2}{2} - \cdots\right) \qquad 6.27$$
$$= 1 - \lambda\delta - \mu\delta + 0(\delta)$$

أيضاً فإن احتمال عدم وصول أي زبون, مع مغادرة زبون واحد تعطى بالعلاقة:

$$P_{i,i-1} = PA_0 * PD_1$$

$$P_{i,i-1} = e^{-\lambda\delta}\left(1 - e^{-\mu\delta}\right)$$

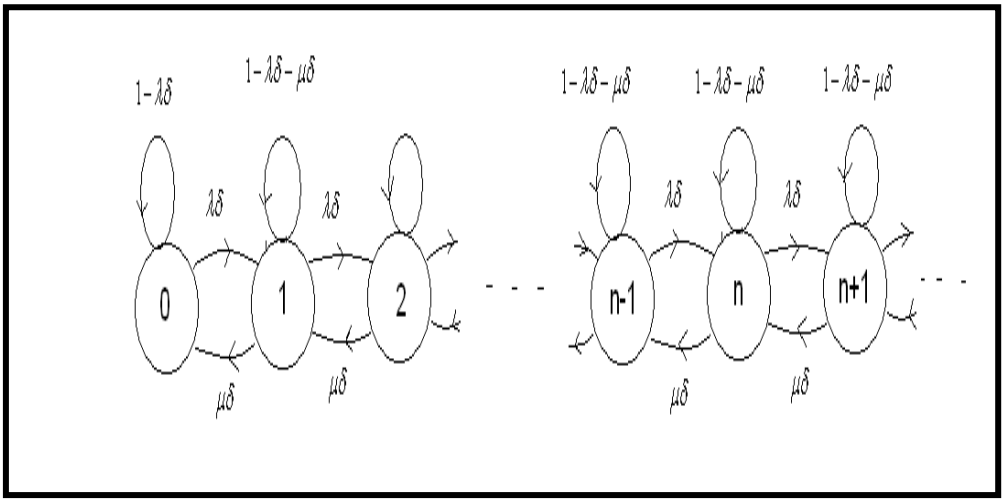
$$P_{i,i-1} = \left(1 - \lambda\delta + \frac{(\lambda\delta)^2}{2} - \cdots\right)\left(\mu\delta - \frac{(\mu\delta)^2}{2} + \cdots\right) = \mu\delta + 0(\delta) \qquad 6.28$$

بالمثل، فإن احتمال وصول زبون واحد, مع عدم مغادرة أي زبون تعطى بالعلاقة التالية:

$$P_{i,i+1} = PA_1 * PD_0 \qquad 6.29$$

$$P_{i,i+1} = \left(\lambda\delta - \frac{(\lambda\delta)^2}{2} + \cdots\right)\left(1 - \mu\delta + \frac{(\mu\delta)^2}{2} + \cdots\right) = \lambda\delta + 0(\delta) \qquad 6.30$$

شكل (1) سلاسل ماركوف للنظام M/M/1



يمكن تلخيص النتائج أعلاه على النحو التالي:

$$P_{00} = 1 - \lambda\delta - \mu\delta + 0(\delta)$$

$$P_{i,i+1} = \lambda\delta + 0(\delta)$$

$$P_{i,i-1} = \mu\delta + 0(\delta)$$

رجوعاً للنتائج أعلاه نجد أن مجموع الاحتمالات يساوي الواحد الصحيح, مما يعني أن احتمال وصول زبون واحد مع مغادرة زبون واحد تساوي صفراً. كذلك فإن احتمال وصول أكثر من زبون أو مغادرة أكثر من زبون تساوي صفراً.

هذه النتائج توضح أن عملية انتقال النظام من حالة لأخرى من حيث عدد الزبائن لا تتجاوز زبوناً واحداً زيادةً أو نقصاناً.

الشكل (1) أعلاه يوضح الانتقالات المشار إليها آنفاً, استناداً على سلاسل ماركوف. وهي تؤكد الحقيقة التي ذهبنا إليها والتي تقول بأن عدد الانتقالات في عدد الزبائن في النظام من الحالة n إلى الحالة n+1, تختلف عن عدد الانتقالات من الحالة n إلى الحالة n+1 بواحد على الأكثر. وبالتالي، فإن معدلات الانتقال من الحالة n إلى الحالة n+1 , تساوي معدلات الانتقال من الحالة n+1 إلى الحالة n.

ملخص النتائج أعلاه يوضح التالي:

$$P_{i,i+1} = \lambda\delta + 0(\delta)$$

$$P_{i,i-1} = \mu\delta + 0(\delta)$$

وبالتالي

$$P_n * \lambda\delta = P_{n+1} * \mu\delta$$

$$P_n * \lambda = P_{n+1} * \mu$$

$$P_{n+1} = \rho P_n \qquad \text{, n=0, 1, … , } \rho = \lambda / \mu \qquad 6.31$$

وتقود المعادلة (6.31) إلى التالي:

$$P_{n+1} = \rho^{n+1} P_0 \qquad \text{, n=0, 1,…} \qquad 6.32$$

إذا كانت قيمة ρ أصغر من الواحد الصحيح, فهذا يعني أن معدل الخدمة service rate يفوق معدل الوصول arrival rate. الاحتمالات P_n , n=0, 1, …, ، تعبر عن قيم موجبة ومجموعها يساوي الواحد الصحيح. وبالتالي:

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1 \qquad 6.33$$

المعادلتان (6.32) و (6.33) تقودان إلى:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n P_0 = P_0 \sum_{n=0}^{\infty} \rho^n = 1 \qquad 6.34$$

وبما أن قيمة معامل الاستخدام ρ تقل عن الواحد الصحيح، فإن ذلك يقود إلى:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n = \frac{1}{1-\rho} \qquad 6.35$$

المعادلتان (6.34) و (6.35) تقودان إلى

$$\frac{P_0}{1-\rho} = 1 \quad ,$$

$$P_0 = 1-\rho \quad ,$$

وبالتالي فإن المعادلة (3.34) ستصبح:

$$P_n = \rho^n(1-\rho) \qquad , , n=0, 1,\ldots \qquad 6.36$$

ويعطى متوسط عدد الزبائن في النظام في حالة الاستقرار بالعلاقة التالية:

$$N = \lim_{t\to\infty} E[N(t)] = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} n\rho^n(1-\rho)$$

$$= \rho(1-\rho)\sum_{n=0}^{\infty} n\rho^{n-1}$$

$$= \rho(1-\rho)\frac{\partial}{\partial\rho}\left(\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n\right)$$

$$= \rho(1-\rho)\frac{\partial}{\partial\rho}\left(\frac{1}{1-\rho}\right)$$

$$N = \frac{\rho}{(1-\rho)} \qquad 6.37$$

باستخدام المعادلة (6.31)، فإن المعادلة (6.37) ستصبح على النحو التالي:

$$N = \frac{\lambda/\mu}{(1-\lambda/\mu)} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad ---6.38$$

يتكون الزمن الكلي المستغرق بواسطة الزبون من شقين هما زمن الانتظار waiting time زائداً زمن الخدمة service time. وبالتالي:

$$T = \frac{N}{\lambda} \qquad (\text{Little's Theorem}), \qquad T = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)} \qquad 6.39$$

المعادلتان (6.31) و (6.39) يقودان إلى:

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} \qquad 6.40$$

متوسط زمن الانتظار في الصف average waiting time in queue W يعطى بالعلاقة:

$$W = T - S \qquad 6.41$$

S تمثل زمن الخدمة service time.

سبقت الإشارة إلى أن μ تمثل معدل الخدمة, أي عدد من تتم خدمتهم في وحدة الزمن.

وبالتالي:

$$S = 1/\mu \qquad 6.42$$

المعادلة (6.41) ستصبح:

$$W = T - 1/\mu$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} - \frac{1}{\mu} = \frac{\rho}{\mu - \lambda} \qquad 6.43$$

أما متوسط عدد الزبائن المصطفين فيعطى بالعلاقة:

$$N_Q = \lambda W = \lambda\left[\frac{1}{\mu-\lambda} - \frac{1}{\mu}\right] = \frac{\lambda\rho}{\mu-\lambda} = \frac{\rho^2}{1-\rho} \qquad 6.44$$

جدير بالذكر أن معامل الاستخدام يمثل نسبة الزمن التي يكون فيها الخادم مشغولاً. هذا يمكن توضيحه على النحو التالي:

المعادلتان (6.34) و (6.35) تعطيان:

$$\frac{P_0}{1-\rho} = 1 \quad \therefore \rho = 1 - P_0 \qquad 6.45$$

مما يعني أن معامل الاستخدام يعبر عن الاحتمال المكمل لعدم وجود زبائن بالنظام, أي أنه يعبر عن احتمال كون الخادم مشغولاً.

المعادلات أعلاه والتي استنبطت من خلالها العلاقات اللازمة لحساب المعاملات المختلفة, تعبر عن نمذجة ومحاكاة رياضية لمثل هذه النظم.

هذه النمذجة الرياضية تشكل أساساً متيناً لبناء نظام حاسوبي يستخدم هذه العلاقات, ليزود بالمدخلات المناسبة, ومن ثم يخرج بنتائج تعين كثيراً في دراسة مثل هذه النظم وفقاً للقواعد النظرية التي وردت في الوحدات المتقدمة من هذا الكتاب.

أسئلة تقويم ذاتي



1. فيم تستخدم سلاسل ماركوف المتقطعة؟
2. اكتب المعادلة التي تبين احتمال عدم وصول زبون مع عدم مغادرة زبون.
3. وضح بالرسم سلاسل ماركوف للنظام(M/M/I) وحيد القناة.

الخلاصة

عزيزي الدارس، لقد درست ماتقوم به خوارزميات التوجيه بأدوار مهمة في عمل شبكات الحاسوب ونظم الاتصالات, حيث يتم على اساسها اختيار المسار الأنسب لتدقيق الرسائل, كما أنها تتأثر بخصائص حركة انسياب الرسائل مثل متوسط زمن الانتظار, إن خوارزمية المسار الأقصر تربط بين الموجهات لتحديد الزمن اللازم لإيصال الرسالة التي تتضمن أيضاً زمن الاصطفاف وزمن الإرسال. هناك خوارزمية التوجيه التي تعتمد على انسياب الحركة لتحديد المسار الأفضل أمام خوارزمية متجهة المسافة, حيث يقوم كل موجه ببناء جدول يوضح أفضل مسار لكل نقاط الشبكة. كما أن خوارزمية الربط تعتمد على قيام كل موجه بالتعرف على الموجهات المجاورة وعناوينها, بحيث تصبح قاعدة البيانات متاحة بشكل متكامل لاتخاذ قرارات التوجيه المناسبة.

نظرية الاصطفاف تستخدم لاجراء تحليلات كمية لعوامل كثيرة مرتبطة بشبكات الحاسوب والاتصالات, هذه التحليلات تعتبر أساساً قوياً لقيام نمذجة ومحاكاة لعمل هذه الشبكات، هنالك أنظمة الاصطفاف المقاطعة ذات الأسبقية، ونظم الاصطفاف غير المتقاطعة ذات الأسبقية, تفترض النظرية تبعاً لسلوك نظام حيث يبدأ الزمن(t=0) صفر صعوداً لمستقبل غير محدد.

أنظمة الاصطفاف وحيدة القناة، مثال ذلك محطة وقود بها مقدم خدمة واحد، توزيع بواسون الذي يعتمد على معدل الوصول واوقات الخدمة والتوزيع الأسي, أما عملية الوصول تعتبر عملية تصادفية منبثقة من توزيع بواسون إذا استوفت شروط محدودة, فهي إما أن تكون عملية تراكمية تعبر عن العدد الكلي للواصلين في الفترة (t.0), و إما أن تكون أعداد الواصلين في فترات زمنية غير متقاطعة ومستقلة عن بعضها البعض و إما أن يكون عدد الواصلين خلال أي فترة زمنية تبع توزيع بواسون, بمعنى أن عدد الواصلين في فترة قدرها t. يساوي λT وأن $0 < T$ أكبر من الصفر.

تستخدم سلاسل ماركوف المتقطعة لأخذ الفترات الزمنية. وفي ختام هذه الوحدة نكون قد بلغنا نهاية المقرر.

مسرد المصطلحات

- **خوارزميات التوجية:**

هي خوارزميات يتم على أساسها اختبار المسار الأنسب لتدفق الرسائل عبر شبكات الحاسوب, أو نظم الاتصالات, وهي أساسية في تحديد كفاءة أداء هذه الشبكات.

- **خوارزمية المسار الأقصر:**

تتعامل مع متوسط الزمن اللازم لإرسال الرسالة, ويشمل زمن الاصطفاف وزمن الإرسال.

- **خوارزمية التوجيه المعتمد على انسياب الحركة:**

تستخدم لتحديد المسار الأفضل للرسائل المعنية, ومن ثم حساب الزمن اللازم لإيصال الرسائل الى وجهتها.

- **خوارزمية نتيجة المسافة:**

يتم بناء جدول ليوضح أفضل مسار معلوم لكل نقاط الشبكة, ويتمثل في متوسط الزمن اللازم لإيصال الرسالة إضافة إلى عدد الرسائل المصطنعة.

- **خوارزمية الربط:**

تقوم على فكرة قيام كل موجه بالتعرف على الموجهات المجاورة وعناوينها, ثم تحديد زمن الوصول لكل من هذه الموجهات, مما يجعل قاعدة البيانات متكاملة ومتاحة لاتخاذ قرارات التوجيه المناسبة.

- **متوسط طول الانتظار:**

يعتمد على خوارزميات التنبؤ, وعلى السياسات متتابعة في عمليات الاصطفاف والخدمة.

- **الاحتمالات الابتدائية:**

مثلاً عند تقديم الخدمة للزبائن فإن التوزيع الاحتمالي للفترات الزمنية بين أوقات الوصول والتوزيع الاحتمالي لازما الخدمة يعطي معدل عدد المستخدمين في النظام عند الزمن المحدد للدوام.

- **عملية الوصول:**

هي عملية تراكمية تعبر عن العدد الكلي للواصلين في فترة الدوام, وأعداد الواصلين في فترات زمنية غير متقاطعة مستقلة عن بعضها البعض, وعدد الواصلين خلال أي فترة زمنية.

- **الدالة الاحتمالية**

تعبر عن احتمال وصول من 0,1,2,..... من الزبائن يعطي بالعلاقات التالية:

$$P\left[A(t+\delta)-A(t)=0\right]=1-\lambda\delta+0(\delta)$$

- **إحصائية الخدمة لنظم (M/M/I):**

تقتضي تحليلات نظم (M/M/I) بأن تتبع عملية الخدمة التوزيع الأسي قدره μ وهذا يعني أنه إذا كان Sn يمثل الخدمة للزبون لقيمة محددة S.

- **سلاسل ماركوف المتقطعة:**

تأخذ فترات زمنية متقطعة.

المصادر والمراجع

المراجع بالعربية

1. التميمي حسين عبد الله، **دارة الإنتاج والعمليات** (مدخل كمي) الطبعة الأولى، دار الفكر، عمان1997م.
2. حزوري نعيم **التخطيط والرقابة في المشروع**، منشورات جامعة حلب، حلب1990م.
3. حسن عادل، **تخطيط ومراقبة الإنتاج**، مركز الإسكندرية للكتاب، الإسكندرية1995م.
4. رجب عادل **إدارة الإنتاج**، منشورات جامعة حلب، حلب1986م.
5. الزعبي فايز **الرقابة الإدارية في منظمات الأعمال**1995م.

المراجع الأجنبية

1. J.banks J.Carson and B Nelson. Discrete -Event System Simulation Third Edition Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey .USA.
2. MS Obaidat Simulation of Queueing Models in Computer Systems in Queueing Theory and Applications (S Ozekici Ed) pp.111-151 Hemisphere NY 1990 .
3. O Al-Jayoussi and B Sadoum: Simulation and optimization of an Irrigation System. Proceedings of the 1998 Summer Computer Simulation Conference SCSC :98 The Society for Computer Simulation International pp 425-430 Reno Nevada July 1998 .
4. M.S Obadiah (Guest Editor) Special Issue on Performance Modeling and **S**imulation of ATM System and Networks: Part II Vol 78 No 4 April 2002.
5. R Jain the Art of computer systems Performance Analysis Techniques for Experimental Design Measurement Simulation and Modeling Wiley-Interscience New York NY April 1991.
6. F E Cellier .Continuous System Modeling .Springer-Verlag .1991
7. M.Kirschnick .The Performance Evaluation and Prediction System for Queueing Networks PEPSY –QNS University of

Erlangen –Nuremberg Institute For Mathematics Maschinen and Datenverarbritung IV Teech Report TR -14-94-18.Jun 1994.

8. D G Feitelson and M a Jete: Improved Utilization and Responsiveness with Gang Scheduling in Scheduling Strategies for Parallel Processing Lecture Note in Computer Science D G Feitelsin and L Rudolph (Eds) Springer –Verlang Berlin Vol 1291 pp 238-261-1997.
9. SP Dandamudi and H Yu : Performance of Adaptive Space Sharing Processor Allocation Poicies for Distributed –Money Multicomputer . Journal of Parallel and distributed Computer Academic Press Vol -58-pp-109+125-1999.
10. www.mesquite.com (for simulation and modeling)
11. National Instruments : Lab view : system Simulation and Design Toolset www.ni.com .
12. www.google.com.